

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Επέκταση προβλήματος εφημεριδοπώλη με δύο
προϊόντα και εφεδρικό προμηθευτή»

Μάφης Τηλέμαχος-Μάριος

Τσαντούρης Ιωάννης-Συμεών

Επιβλέπων Καθηγητής: Παντελής Δημήτριος

ΒΟΛΟΣ 2020

Copyright© 2020 Μάφης Τηλέμαχος-Μάριος, Τσαντούρης Ιωάννης-Συμεών

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων):

Παντελής Δημήτριος

Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής :

Λυμπερόπουλος Γεώργιος

Καθηγητής Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής :

Κοζανίδης Γεώργιος

Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μας εργασίας, η οποία υλοποιήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους ανθρώπους που συνέβαλαν στη διεκπεραίωσή της. Αρχικά θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Δημήτριο Παντελή, καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος της διατριβής μας και την εμπιστοσύνη που μας έδειξε κατά την εκπόνηση της. Θα θέλαμε επίσης να ευχαριστήσουμε τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής για τη συμβολή τους κ. Γεώργιο Λυμπερόπουλο και κ. Γεώργιο Κοζανίδη όπως και όλο το προσωπικό του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών για την ουσιαστική συμβολή τους στην εκπαιδευτική μας κατάρτιση κατά την περίοδο της φοίτησης μας στο τμήμα.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ολόψυχα τις οικογένειές μας για την αγάπη και την στήριξη τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Περίληψη

Ένα από τα βασικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η επιχειρησιακή έρευνα είναι αυτό της κατάλληλης δημιουργίας και του σχεδιασμού του αποθέματος σε μια επιχείρηση ως προπομπός στην λήψη των κατάλληλων αποφάσεων που αφορούν σε επιλογή προμηθευτών (κυρίως). Το μοντέλο του εφημεριδοπώλη (Newsvendor model ή Newsboy model) αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικά μοντέλα και προβλήματα που εξετάζουν ως προς αυτό την επίλυση της βέλτιστης απόφασης σχετικά με την κατανομή των προμηθευτών στην δημιουργία του αποθέματος της επιχείρησης.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση του μοντέλου στην επιλογή των παραγγελιών από προμηθευτές για την δημιουργία του κατάλληλου αποθέματος σε μια επιχείρηση όταν υπάρχει η αβεβαιότητα στην δυνατότητα αυτών να μπορέσουν να αποδώσουν τις κατάλληλες παραγγελίες. Επιμέρους στόχοι αποτελούν η διερεύνηση της επιρροής διαφόρων παραγόντων στην επίλυση του προβλήματος. Θεωρείται ότι η επιχείρηση έχει έναν σταθερό προμηθευτή που της προμηθεύει δύο προϊόντα και έναν εναλλακτικό προμηθευτή.

Abstract

One of the key problems facing business research is that of properly creating and designing a stock in a business as a precursor to making the right decisions regarding supplier selection (mainly). The Newsvendor model or Newsboy model is one of the characteristic models and problems that consider in this regard the solution of the optimal decision on the distribution of suppliers in the creation of business stock.

The purpose of the present work is to investigate the model in selecting orders from suppliers to create the appropriate stock in a business when there is uncertainty about their ability to deliver appropriate orders. The specific objectives are to investigate the influence of various factors in solving the problem. It is assumed that the company has a fixed supplier supplying two products and an alternative supplier.

Περιεχόμενα

Περίληψη	6
Abstract	7
Περιεχόμενα.....	8
Κατάλογος Σχημάτων	10
Κατάλογος Πινάκων	12
Κεφάλαιο 1 ^ο Εισαγωγή	14
1.1 Σκοπός και στόχοι εργασίας.....	14
1.2 Δόμηση της Εργασίας	14
Κεφάλαιο 2 ^ο Θεωρητικό Υπόβαθρο	16
2.1 Η επιστήμη της επιχειρησιακής έρευνας.....	16
2.2 Το μοντέλο/πρόβλημα του εφημεριδοπώλη – Βιβλιογραφική επισκόπηση	21
2.3 Το κλασσικό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη	25
2.3 Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη	26
2.3.1 Αβεβαιότητα	29
2.3.2 Αναξιοπιστία προμηθευτών	30
2.3.3 Εναλλακτικός προμηθευτής.....	31
Κεφάλαιο 3 ^ο Μαθηματικό μοντέλο εξεταζόμενου προβλήματος.....	32
3.1 Μαθηματικές εξισώσεις και παράμετροι προβλήματος.....	32
3.2 Υποθέσεις μοντέλου.....	35
Κεφάλαιο 4 ^ο Αποτελέσματα μοντέλου	37
4.1 Επίδραση της τιμής πώλησης του πρώτου προϊόντος.....	37
4.2 Επίδραση τιμής πώλησης δεύτερου προϊόντος	39
4.3 Επίδραση της αύξησης της μέσης τιμής της ζήτησης του πρώτου προϊόντος	41

4.4	Επίδραση της αύξησης της μέσης τιμής της ζήτησης του δεύτερου προϊόντος	43
4.5	Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας	45
4.6	Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας του πρώτου προϊόντος.....	47
4.7	Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας του δευτέρου προϊόντος.....	49
4.8	Επίδραση της αύξησης της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του πρώτου προϊόντος.....	51
4.9	Επίδραση της αύξησης της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του δευτέρου προϊόντος.....	54
4.10	Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα αγοράς του πρώτου προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή.....	56
4.11	Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα αγοράς του πρώτου προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή.....	58
4.12	Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το πρώτο προϊόν	61
4.13	Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το δεύτερο προϊόν	62
5.	Κεφάλαιο 5° Συμπεράσματα.....	65
	Βιβλιογραφία	67

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1 Πρότυπο προβλήματος «εφημεριδοπώλη» σε μορφής διαγράμματος ροής	26
Σχήμα 2 Επέκτασης μοντέλου «εφημεριδοπώλη» σε διάγραμμα ροής με προμηθευτή και 1 εφεδρικό προμηθευτή και δύο προϊόντα.....	28
Σχήμα 3 Μεταβολή κέρδους	38
Σχήμα 4 Μεταβολή παραγγελιών	38
Σχήμα 5 Μεταβολή κέρδους	40
Σχήμα 6 Μεταβολή παραγγελιών	40
Σχήμα 7 Μεταβολή κέρδους	42
Σχήμα 8 Μεταβολή παραγγελιών	42
Σχήμα 9 Μεταβολή κέρδους	44
Σχήμα 10 Μεταβολή παραγγελιών	44
Σχήμα 11 Μεταβολή κέρδους	46
Σχήμα 12 Μεταβολή παραγγελιών	46
Σχήμα 13 Μεταβολή κέρδους	48
Σχήμα 14 Μεταβολή παραγγελιών	48
Σχήμα 15 Μεταβολή κέρδους	50
Σχήμα 16 Μεταβολή παραγγελιών	51
Σχήμα 17 Μεταβολή κέρδους	53
Σχήμα 18 Μεταβολή παραγγελιών	53
Σχήμα 19 Μεταβολή κέρδους	55
Σχήμα 20 Μεταβολή παραγγελιών	55
Σχήμα 21 Μεταβολή κέρδους	57
Σχήμα 22 Μεταβολή παραγγελιών	57
Σχήμα 23 Μεταβολή κέρδους	59
Σχήμα 24 Μεταβολή παραγγελιών	59
Σχήμα 25 Μεταβολή κέρδους	61
Σχήμα 26 Μεταβολή παραγγελιών	61
Σχήμα 27 Μεταβολή κέρδους	63

Σχήμα 28 Μεταβολή παραγγελιών	63
-------------------------------------	----

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή τιμή πώλησης του πρώτου προϊόντος	37
Πίνακας 2 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή τιμή πώλησης του δεύτερου προϊόντος	39
Πίνακας 3 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή της μέσης τιμής της ζήτησης του πρώτου προϊόντος.....	41
Πίνακας 4 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή της μέσης τιμής της διακύμανσης της ζήτησης του δεύτερου προϊόντος.....	43
Πίνακας 5 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας.....	45
Πίνακας 6 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας του πρώτου προϊόντος	47
Πίνακας 7 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας του δεύτερου προϊόντος.....	49
Πίνακας 8 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του πρώτου προϊόντος.....	52
Πίνακας 9 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του δεύτερου προϊόντος.....	54
Πίνακας 10 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα αγοράς του πρώτου προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή	56
Πίνακας 11 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα αγοράς του πρώτου προϊόντος από τον <u>εφεδρικό</u> προμηθευτή	58
Πίνακας 12 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το πρώτο προϊόν	60
Πίνακας 13 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το δεύτερο προϊόν.....	62

Κεφάλαιο 1^ο Εισαγωγή

1.1 Σκοπός και στόχοι εργασίας

Ένα από τα βασικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η επιχειρησιακή έρευνα είναι αυτό της κατάλληλης δημιουργίας και του σχεδιασμού του αποθέματος σε μια επιχείρηση ως προπομπός στην λήψη των κατάλληλων αποφάσεων που αφορούν σε επιλογή προμηθευτών (κυρίως). Το μοντέλο του εφημεριδοπώλη (Newsvendor model ή Newsboy model) αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικά μοντέλα και προβλήματα που εξετάζουν ως προς αυτό την επίλυση της βέλτιστης απόφασης σχετικά με την κατανομή των προμηθευτών στην δημιουργία του αποθέματος της επιχείρησης.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση του μοντέλου στην επιλογή των παραγγελιών από προμηθευτές για την δημιουργία του κατάλληλου αποθέματος σε μια επιχείρηση όταν υπάρχει η αβεβαιότητα στην δυνατότητα αυτών να μπορέσουν να αποδώσουν τις κατάλληλες παραγγελίες. Επιμέρους στόχοι αποτελούν η διερεύνηση της επιρροής διαφόρων παραγόντων στην επίλυση του προβλήματος.

1.2 Δόμηση της Εργασίας

Πέραν της εισαγωγής, η υπόλοιπη εργασία είναι δομημένη ως εξής

Στο Δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας εξετάζονται οι βασικές έννοιες, και παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας.

Στο Τρίτο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία του κώδικα που δημιουργήθηκε για την επίλυση του μοντέλου.

Στο Τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα από την χρήση του υπολογιστικού μοντέλου

Στο Πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γενικά συμπεράσματα της εργασίας.

Κεφάλαιο 2^ο Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Η επιστήμη της επιχειρησιακής έρευνας

Κατά την διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου ζητήθηκε σε επιστήμονες και μηχανικούς να αναλύσουν διάφορα στρατιωτικού τύπου προβλήματα όπως για παράδειγμα να αναπτύξουν αποτελεσματικές μεθόδους ώστε να χρησιμοποιήσουν ραντάρ τα οποία είχαν ανακαλυφθεί εκείνη την εποχή, να διαχειριστούν καλύτερα τις νηοπομπές και τα υποβρύχια, να διαχειριστούν τις επιθέσεις με βόμβες και γενικά να βελτιστοποιήσουν τις στρατιωτικές επιχειρήσεις. Έτσι λοιπόν, οι εφαρμογές των μαθηματικών και των επιστημονικών μεθόδων στις στρατιωτικές επιχειρήσεις ονομάστηκαν Επιχειρησιακή Έρευνα (Operations Research, OR).

Ο όρος Επιχειρησιακή Έρευνα, ή όπως συχνά πλέον αναφέρεται Διοικητική Επιστήμη (Management Science), περιλαμβάνει την επιστημονική προσέγγιση στην λήψη αποφάσεων η οποία επιδιώκει να καθορίσει τον καλύτερο δυνατό σχεδιασμό και να συντονίσει ένα σύστημα (συνήθως) υπό συνθήκες που απαιτούν την κατανομή σπάνιων παραγωγικών πόρων. Μάλιστα, μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο καθιερώθηκε ως νέο επιστημονικό πεδίο και αναπτύχθηκε ραγδαία κυρίως στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής ενώ κατά την διάρκεια των δεκαετιών των 1950 και 1960 αναπτύχθηκαν οι περισσότεροι αλγόριθμοι και μέθοδοι που χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα.

Η μεθοδολογία της Επιχειρησιακής Έρευνας εφαρμόζεται σε προβλήματα που αφορούν το πώς να διεξάγεις και να συντονίσεις επιχειρήσεις (δηλαδή δραστηριότητες) εντός οργανισμών. Πιο συγκεκριμένα, οι μεταβολές στο οικονομικό και επιχειρησιακό περιβάλλον, η αύξηση της πολυπλοκότητας, της μεταβλητότητας καθώς και της αλληλεξάρτησης των διαφόρων φαινομένων σε συνδυασμό με την ανάγκη υποστήριξης και σφαιρικής προσέγγισης των προβλημάτων με σκοπό τη συστηματική ανάλυση και την αποτελεσματική λήψη αποφάσεων συνέβαλλαν στην καθιέρωση της Επιχειρησιακής Έρευνας ως ένα απαραίτητο εργαλείο. Η φύση του εκάστοτε προβλήματος είναι ουσιαστικά αδιάφορη, καθώς η Επιχειρησιακή Έρευνα έχει εφαρμοστεί εκτενώς σε ποικίλους κλάδους όπως για παράδειγμα στη Μεταποίηση, στον κλάδο

των Μεταφορών, στις Τηλεπικοινωνίες, στον Χρηματοοικονομικό σχεδιασμό, στις Δημόσιες Υπηρεσίες, στην Υγεία, στις Στρατιωτικές Επιχειρήσεις.

Σχετικά με τον δεύτερο όρο του ονόματος Επιχειρησιακή Έρευνα, ήτοι τον όρο Έρευνα, σημαίνει πως, προκειμένου να διερευνηθεί το πρόβλημα για το οποίο χρειαζόμαστε λύση, χρησιμοποιούνται επιστημονικές μέθοδοι. Η διαδικασία ξεκινάει δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στο να παρατηρήσουμε και να σχηματίσουμε το πρόβλημα καθώς και να συλλέξουμε τα απαραίτητα δεδομένα. Το επόμενο βήμα είναι να σχηματίσουμε ένα επιστημονικό (συνήθως μαθηματικό) υπόδειγμα το οποίο σκοπό έχει να αφαιρέσει/περιορίσει την πολυπλοκότητα του πραγματικού κόσμου προκειμένου να λύσουμε το πρόβλημα που έχουμε σχηματίσει. Στην συνέχεια υποθέτουμε ότι το πρόβλημα είναι μια επαρκώς ακριβής αναπαράσταση των ουσιωδών χαρακτηριστικών της κατάστασης, η οποία μας επιτρέπει να καταλήξουμε σε συμπεράσματα (λύσεις) από αυτό το υπόδειγμα τα οποία θα είναι έγκυρα και για το πρόβλημα του πραγματικού κόσμου. Έπειτα, διεξάγονται κατάλληλα πειράματα προκειμένου να ελέγξουμε αυτή την υπόθεση (περί αντιπροσωπευτικής αναπαράστασης του πραγματικού προβλήματος) και να την προσαρμόσουμε όπου χρειάζεται και τελικά να επιβεβαιώσουμε κάποιες από τις υποθέσεις του υποδείγματος (αυτό το βήμα συχνά αναφέρεται ως επικύρωση του υποδείγματος). Επιπρόσθετα, η Επιχειρησιακή Έρευνα ασχολείται και με την πρακτική εφαρμογή της διοίκησης του οργανισμού. Έτσι, για να επιτύχει τον σκοπό της η Επιχειρησιακή Έρευνα θα πρέπει να παρέχει θετικά και κατανοητά συμπεράσματα στον λήπτη αποφάσεων όποτε αυτά χρειάζονται.

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό είναι πως συχνά η Επιχειρησιακή Έρευνα προσπαθεί να βρει την καλύτερη λύση (αναφέρεται και ως βέλτιστη λύση) για το πρόβλημα στο οποίο καλείται να προσφέρει λύση (ενδεχομένως να υπάρχουν πολλαπλές «καλύτερες» λύσεις, όπου σε μια τέτοια περίπτωση επιλέγουμε μία εξ αυτών). Ο σκοπός της Επιχειρησιακής Έρευνας είναι κάτι παραπάνω από το να βελτιώσει την παρούσα κατάσταση και εντοπίζεται στο να αναγνωρίσει το καλύτερο δυνατό πλάνο δράσης. Η αναζήτηση του βέλτιστου κατέχει εξέχουσα θέση στα πλαίσια της Επιχειρησιακής Έρευνας. Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό της Επιχειρησιακής Έρευνας είναι αυτό που ονομάζεται «ομαδική προσέγγιση». Είναι προφανές πως δεν είναι δυνατό να υπάρξει μόνο ένα εξειδικευμένο άτομο το οποίο να είναι σε θέση να ανταπεξέλθει σε όλες τις πτυχές των εργασιών ή των προβλημάτων που πρόκειται να αναζητήσουν λύση μέσω των μεθόδων της Επιχειρησιακής Έρευνας. Κάτι τέτοιο απαιτεί μια ομάδα ανθρώπων που να

έχουν διαφορετικές επιστημονικές καταβολές και δεξιότητες. Μια τέτοια λοιπόν ομάδα Επιχειρησιακής Έρευνας χρειάζεται να απαρτίζεται από ανθρώπους οι οποίοι συλλογικά να έχουν υψηλό επίπεδο εκπαίδευσης και κατάρτισης στα μαθηματικά, στην στατιστική και στην θεωρία πιθανοτήτων, στα οικονομικά, στην διοίκηση επιχειρήσεων, στην επιστήμη των υπολογιστών, στην μηχανική, στις συμπεριφοριστικές επιστήμες καθώς και σε εξειδικευμένες τεχνικές της Επιχειρησιακής Έρευνας. Υπάρχει μια πλειάδα τεχνικών προκειμένου να λύσουμε μαθηματικά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν στην πράξη.

Ο πιο διακεκριμένος τρόπος μεταξύ αυτών είναι ο Γραμμικός Προγραμματισμός. Εναλλακτικές τεχνικές περιλαμβάνουν τον Ακέραιο Προγραμματισμό, τον Δυναμικό Προγραμματισμό, τον Προγραμματισμό Δικτύων (κατά την τεχνική αυτή το πρόβλημα μπορεί να υποδειγματοποιηθεί ως ένα δίκτυο) και τον Μη Γραμμικό Προγραμματισμό. Μια άλλη κατηγορία συγκροτείται από τις Ουρές Αναμονής και τα Μοντέλα Προσομοίωσης. Πρακτικά, οι αλγόριθμοι (δηλαδή οι μέθοδοι λύσεων για κάθε κατηγορία υποδείγματος) εκτελούνται από εξειδικευμένα λογισμικά που είναι διαθέσιμα σε κάθε ενδιαφερόμενο.

Η Επιχειρησιακή Έρευνα έχει εντυπωσιακό αντίκτυπο στην βελτίωση της αποτελεσματικότητας πολλών οργανισμών, τόσο Δημοσίων όσο και Ιδιωτικών σε παγκόσμιο επίπεδο και έχει συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση της παραγωγικότητας των οικονομιών πολλών χωρών. Σήμερα, υπάρχουν πολλές χώρες που συμμετέχουν στην Διεθνή Ομοσπονδία Κοινοτήτων Επιχειρησιακής Έρευνας (International Federation of Operational Research Societies, IFORS) με κάθε χώρα να έχει ιδρύσει και μια εθνική κοινότητα για την Επιχειρησιακή Έρευνα (παραδείγματος χάρη στην Ελλάδα υπάρχει η Ελληνική Εταιρία Επιχειρησιακών Ερευνών - Ε.Ε.Ε.Ε.- που ιδρύθηκε το 1963).

Η Επιχειρησιακή Έρευνα δύναται να εφαρμοστεί σε προβλήματα που σχετίζονται με τρόπο διεξαγωγής και συντονισμού των δραστηριοτήτων εντός ενός οργανισμού. Μια τυπική μελέτη στα πλαίσια της Επιχειρησιακής Έρευνας, περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

1. προσδιορισμός του προβλήματος και συλλογή των απαραίτητων δεδομένων.
2. σχηματισμός ενός μαθηματικού υποδείγματος που αναπαριστά το πρόβλημα.
3. ανάπτυξη μιας διαδικασίας (με την χρήση ηλεκτρονικού πληροφοριακού συστήματος) για την εξαγωγή λύσης για το πρόβλημα που περιγράφει το μοντέλο στο βήμα 2.

4. έλεγχος του μοντέλου και εκλέπτυνση όπου κρίνεται απαραίτητο.
5. προετοιμασία για την εκάστοτε εφαρμογή του υποδείγματος όπως ορίστηκε από την διοίκηση.
6. εφαρμογή.

Η διαδικασία ορισμού του προβλήματος και συλλογής των δεδομένων περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- τους κατάλληλους στόχους.
- περιορισμούς στο τι μπορεί να συμβεί.
- σχέσεις μεταξύ του υπό μελέτη τμήματος και άλλων τμημάτων του οργανισμού-επιχείρησης.
- πιθανά εναλλακτικά σενάρια δράσης.
- τα χρονικά περιθώρια εντός των οποίων πρέπει να ληφθεί η απόφαση.

Ένα μαθηματικό υπόδειγμα ορίζεται από ένα σύστημα εξισώσεων και σχετιζόμενων μαθηματικών εκφράσεων οι οποίες περιγράφουν την ουσία του προβλήματος. Τα βασικά συστατικά ενός μαθηματικού υποδείγματος είναι τα ακόλουθα:

- οι μεταβλητές απόφασης: αν υπάρχουν η ποσοτικοποιήσιμες σχετιζόμενες αποφάσεις, τότε αυτές μπορούν να αναπαρασταθούν ως μεταβλητές απόφασης των οποίων οι τιμές θα πρέπει να προσδιοριστούν.
- η αντικειμενική συνάρτηση: αφορά στο κατάλληλο (συνολικό) μέτρο απόδοσης (π.χ. κέρδους ή κόστους) και εκφράζεται μέσω μια μαθηματικής συνάρτησης των μεταβλητών απόφασης,
- οι περιορισμοί: αναφερόμαστε σε οποιουσδήποτε περιορισμούς πάνω στις τιμές που μπορούν να πάρουν οι μεταβλητές απόφασης και εκφράζονται με μαθηματικό τρόπο με την μορφή ανισοτήτων ή/και ισοτήτων π
- οι παράμετροι του υποδείγματος: αφορούν στους συντελεστές καθώς και στις τιμές των ποσοτήτων στο δεξί μέλος των ανισοτήτων, στους περιορισμούς του προβλήματος και στην αντικειμενική συνάρτηση. Οι συντελεστές των περιορισμών αναφέρονται και ως συντελεστές μετατροπής ή τεχνολογικοί συντελεστές, οι ποσότητες στο δεξί μέλος καλούνται διαθέσιμες ποσότητες και οι συντελεστές των μεταβλητών απόφασης στην

αντικειμενική συνάρτηση λέγονται συντελεστές κέρδους (ή τιμές πώλησης) αν το πρόβλημα αφορά στην μεγιστοποίηση κέρδους ή συντελεστές κόστους (ή αμοιβές συντελεστών) στην περίπτωση που αντικειμενικός σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής.

Η επόμενη φάση αφορά στην λύση του μαθηματικού υποδείγματος. Το ζητούμενο έγκειται στο να προσδιοριστούν οι τιμές των μεταβλητών απόφασης έτσι ώστε να βελτιστοποιήσουμε (είτε πρόκειται για μεγιστοποίηση ή για ελαχιστοποίηση) την αντικειμενική συνάρτηση υπό το σύνολο των αντίστοιχων περιορισμών. Ένα σημαντικό κομμάτι του καθορισμού του προβλήματος είναι ο καθορισμός των κατάλληλων τιμών που θα αντιστοιχίσουμε στις παραμέτρους του υποδείγματος. Κάτι τέτοιο απαιτεί την συλλογή δεδομένων. Ένα ακόμη σημαντικό κομμάτι της λύσης του υποδείγματος, είναι η ανάλυση ευαισθησίας που θα καθορίσει το κατά πόσο ευαίσθητη είναι η βέλτιστη λύση για εύλογες μεταβολές των παραμέτρων του υποδείγματος.

Οι κατηγορίες μεθόδων της Επιχειρησιακής Έρευνας που καταγράφονται στην βιβλιογραφία παρουσιάζονται παρακάτω:

- Μαθηματικός Προγραμματισμός (Γραμμικός Προγραμματισμός, Ακέραιος Προγραμματισμός, Μη-γραμμικός προγραμματισμός)
- Δένδρα αποφάσεων (Decision trees)
- Πολυκριτηριακή Ανάλυση (Multiple Criteria Decision Analysis)
- Ανάλυση δικτύων (Network flows, PERT, CPM)
- Διαχείριση αποθεμάτων (Inventory control, EOQ)
- Γραμμές (ή Ουρές) αναμονής (Queuing theory)
- Στοχαστικές Διεργασίες (Stochastic Processes)
- Θεωρία παιγνίων (Game theory)
- Προσομοίωση (simulation)

Σύμφωνα με όσα έχουν λεχθεί μέχρι στιγμής, θα μπορούσαμε να πούμε πως η Επιχειρησιακή Έρευνα, γενικότερα, είναι ο επιστημονικός κλάδος που ασχολείται με την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων για την περιγραφή συστημάτων και διαδικασιών με κύριο σκοπό την

βελτιστοποίηση τους και τη λήψη αποφάσεων, ενώ επίσης θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι ασχολείται με τη μελέτη συστημάτων ως μαθηματικά μοντέλα.

2.2 Το μοντέλο/πρόβλημα του εφημεριδοπώλη – Βιβλιογραφική επισκόπηση

Το ερευνητικό ιστορικό του προβλήματος του εφημεριδοπώλη ξεκινά από τα τέλη του 19ου αιώνα όταν ο οικονομολόγος Edgeworth εφάρμοσε μια παραλλαγή του σε ένα πρόβλημα τραπεζικών ταμειακών ροών. Το πρόβλημα και οι εφαρμογές του είναι σίγουρα ελκυστικές για ένα ευρύ φάσμα ερευνητών που θέλουν να προσδιορίσουν τη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας και στρατηγικές διαχείρισης αποθεμάτων για την επιχείρησή τους. Σε προβλήματα που αφορούν τους ειδήμονες, η παραγγελία τίθεται πριν από την πραγματική υλοποίηση της ζήτησης, γεγονός που οδηγεί σε πιθανές ελλείψεις ή υπερβολικές δεσμεύσεις που είναι δαπανηρές.

Η δομή του προβλήματος του εφημεριδοπώλη είναι αρκετά απλή και όχι πολύ περίπλοκη. Το παραδοσιακό πρόβλημα και η βέλτιστη λύση του αποτελούν ένα καλό σημείο εκκίνησης για πολλές άλλες επεκτάσεις του προβλήματος. Η τιμολόγηση, τα μοντέλα ζήτησης ή η στοχαστική απόδοση θα μπορούσαν να είναι πιθανές τροποποιήσεις για την αντιμετώπιση των προβλημάτων διαχείρισης αποθεμάτων.

Στα παραδοσιακά προβλήματα των προμηθευτών ειδήσεων πρέπει να ληφθεί μια δαπανηρή απόφαση πριν από την πραγματοποίηση της αβέβαιης ζήτησης. Είναι γενικά γνωστό ότι ο προμηθευτής ειδήσεων πρέπει να επιλέξει το ποσό παραγγελίας του σύμφωνα με την κρίσιμη κλασματική φόρμουλα, ταιριάζοντάς την με την αβέβαιη ζήτηση. Με λίγα λόγια αυτό σημαίνει ότι η παραγγελία είναι μικρότερη από την αναμενόμενη ζήτηση όταν το περιθώριο κέρδους είναι χαμηλό και περισσότερο από την αναμενόμενη ζήτηση όταν το περιθώριο κέρδους είναι υψηλό.

Η εισαγωγή διαφορετικών παραλλαγών του μοντέλου των προμηθευτών ειδήσεων στα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων μπορεί να οδηγήσει σε δυνητικά οφέλη. Η εφαρμογή μοντέλων τύπου newsvendor μαζί με τη συνεχώς βελτιούμενη τεχνολογία πληροφοριών προσφέρουν ελπιδοφόρες ευκαιρίες για τους ερευνητές να συνεργάζονται με τις πρακτικές και τις πραγματικές καταστάσεις στον κόσμο.

Οι Petruzzi και Dada μελέτησαν τη δυναμική του προβλήματος που εισάγει τη ζήτηση, η οποία εξαρτάται από την τιμή του προϊόντος. Αυτό επεκτάθηκε περαιτέρω στα μοντέλα που εφαρμόζονταν για ζήτηση που ήταν πολλαπλασιαστικό ή προσθετικό. Στη μελέτη τους εξετάζουν διαφορετικά σενάρια που περιλαμβάνουν και υφιστάμενες αγορές υπερβολικών προϊόντων. Οι Petruzzi και Dada επέκτειναν επίσης τη μελέτη τους σε προβλήματα πολλαπλών περιόδων, όπου οι μονάδες που απομένουν από μια περίοδο είναι διαθέσιμες για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις σε επόμενες περιόδους. Μοιράζονται επίσης τις σκέψεις τους σχετικά με τη δυνατότητα εφαρμογής των βέλτιστων ποσοτήτων και των βέλτιστων τιμών πώλησης που παρέχονται από μοντέλα μονής ή πολλαπλής περιόδου.

Οι Qin, et al. έχουν γράψει μια περιεκτική βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με την εφαρμογή του μοντέλου στη διαχείριση αποθεμάτων. Στη μελέτη εστιάζουν στην ανασκόπηση προηγούμενων εργασιών και στην ανάπτυξη επεκτάσεων που σχετίζονται με τη ζήτηση των πελατών, τις πολιτικές τιμολόγησης προμηθευτών, την ποσότητα αποθεμάτων και το προφίλ κινδύνου αγοραστή. Οι Qin et al. ανέλυσαν τον τρόπο με τον οποίο επηρεάζεται η βέλτιστη ποσότητα στη ρύθμιση των προμηθευτών ειδήσεων, εάν η ζήτηση εξαρτάται από την τιμή αγοράς, την εμπορική προσπάθεια ή την ποσότητα αποθεμάτων.

Προβαίνουν στη μελέτη των επιπτώσεων των διαφορετικών πολιτικών τιμολόγησης και των εκπτώσεων που σχετίζονται με τις διάφορες ποσότητες αποθεμάτων. Τα υψηλά πάγια έξοδα του κατασκευαστή δικαιολογούν και ενθαρρύνουν τις μεγαλύτερες ποσότητες παραγγελίας, οι οποίες βοηθούν τις οικονομίες κλίμακας. Επίσης, διαφορετικές στρατηγικές τιμολόγησης βοηθούν τους προμηθευτές να εντοπίζουν αγοραστές που δεν είναι ευαίσθητοι στις τιμές και είναι πρόθυμοι να πληρώσουν περισσότερα.

Οι Qin et al καλούν επίσης για μελλοντική έρευνα στο θέμα του προβλήματος και των εφαρμογών του. Στην εργασία τους τους ζητούν ειδικότερα περαιτέρω ανάλυση σχετικά με τους περιορισμούς της παραγωγικής ικανότητας των προμηθευτών. Επίσης, στην μελέτη ζητούνται και άλλοι περιορισμοί ή τροποποιήσεις που σχετίζονται με τον προμηθευτή, όπως οι αποκλίσεις από το μηδενικό χρόνο προμηθειών του προμηθευτή ή η ενσωμάτωση τόσο της στοχαστικής ζήτησης όσο και της στοχαστικής προσφοράς στις αποφάσεις παραγγελιών ειδήσεων. Οι Burke, Carrillo και Vakharia έχουν ήδη αποδείξει ότι, αν υποθεθεί ότι η ζήτηση είναι ομοιόμορφα

κατανεμημένη, θα μπορούσαν να ληφθούν λύσεις κλειστής μορφής ανεξάρτητα από την υποκείμενη κατανομή της αξιοπιστίας του προμηθευτή.

Οι Kāki και Salo μελέτησαν περαιτέρω το πρόβλημα υπό την αβεβαιότητα της προσφοράς με ανεξάρτητη και αλληλεξαρτώμενη ομοιόμορφα κατανεμημένη ζήτηση και προσφορά. Η μελέτη επικεντρώνεται στην επιχειρησιακή αβεβαιότητα του εφοδιασμού αντί της αναστάτωσης εκ της αβεβαιότητας. Έδωσαν επίσης ένα ενδιαφέρον πείραμα με ανθρώπινα θέματα σχετικά με τη συμπεριφορά των υπευθύνων λήψης αποφάσεων στο πρόβλημα των ειδήσεων. Εν ολίγοις, τα θέματα ακολουθούν κάτι που περιγράφεται ως συμπεριφορά «pull-to-center», όπου τα άτομα τείνουν να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με τις ποσότητες που είναι πιο κοντά στην αναμενόμενη ζήτηση από ό, τι θα ήταν βέλτιστο.

Η στοχαστική απόδοση μπορεί να επηρεάσει τη ρύθμιση των προμηθευτών τόσο για περιπτώσεις μεμονωμένων όσο και για προμηθευτές πολλαπλών προμηθευτών, όπου η παραγωγική ικανότητα ή η εφοδιαστική μπορούν να αποτελέσουν παράγοντα που περιορίζει τον προμηθευτή. Οι Keren et al. παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της στοχαστικής απόδοσης στον συντονισμό της αλυσίδας εφοδιασμού και οι Yang et al. επιλύουν το πρόβλημα με πολλούς προμηθευτές και πολλαπλά προϊόντα.

Οι Yano και Lee ανασκοπούν μοντέλα τυχαίας απόδοσης και συζητούν θέματα που σχετίζονται με το κόστος μοντελοποίησης, την αβεβαιότητα απόδοσης και την απόδοση στο πλαίσιο συστημάτων με τυχαίες αποδόσεις. Οι υποθέσεις σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο χαρακτηρίζεται η αβεβαιότητα της απόδοσης συχνά πραγματοποιούνται χωρίς βαθύτερη κατανόηση της πραγματικής διαδικασίας παραγωγής, η οποία παρέχει ορισμένο αριθμό ελαττωματικών προϊόντων.

Οι Yang et al επιλύουν το πρόβλημα των ειδήσεων υπό τη ζήτηση και την πολλαπλή στοχαστικότητα του προμηθευτή. Ο αγοραστής αντιμετωπίζει τυχαία ζήτηση και πρέπει να αποφασίσει την παραγγελία ποσοτήτων και προμηθευτών με διαφορετικές αποδόσεις και τιμές. Αυτό θα μπορούσε να λυθεί με λανθασμένες ρουτίνες προγραμματισμού όπως η ενεργή μέθοδος. Διαπίστωσαν ότι το βέλτιστο πρόβλημα είναι μια συνάρτηση τόσο του κόστους των προμηθευτών όσο και της αξιοπιστίας τους. Γενικά, το χαμηλότερο κόστος και η υψηλότερη αξιοπιστία των προμηθευτών οδηγούν σε υψηλότερα κέρδη αγοραστών. Αυτά τα αποτελέσματα

θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και για τους προμηθευτές, βελτιστοποιώντας τις τιμές τους για να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη τους. Ιδιαίτερα χαμηλότεροι προμηθευτές αξιοπιστίας θα μπορούσαν να βελτιώσουν το μερίδιο αγοράς τους μειώνοντας τις τιμές παραγγελίας τους.

Οι Burke et al. μελέτησαν τα παραπάνω, παρέχοντας αναλυτικά αποτελέσματα και δείχνοντας ότι το κόστος είναι το βασικό κριτήριο επιλογής προμηθευτή στο πρόβλημα του εφημεριδοπόλη. Στην έρευνά τους διερευνούν τις συνέπειες της αβέβαιης αξιοπιστίας των προμηθευτών στις αποφάσεις λήψης αποφάσεων μιας επιχείρησης κάτω από στοχαστική απαίτηση.

Η προμήθεια από έναν μόνο προμηθευτή είναι μια βέλτιστη στρατηγική σε περιβάλλοντα όπου η αβεβαιότητα της ζήτησης ή η αξία διάσωσης για το προϊόν είναι υψηλή. Επίσης, η κατάσταση, όπου ένας προμηθευτής έχει ένα μεγάλο πλεονέκτημα κόστους και αξιοπιστίας σε σύγκριση με άλλους προμηθευτές, είναι μια κατάσταση όπου προτιμάται ο μοναδικός προμηθευτής. Όταν η ποινή για τη δυσαρεστημένη ζήτηση είναι υψηλή, ο αγοραστής οδηγείται σε στρατηγική πολλαπλών προμηθευτών. Μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση στην μελέτη είναι ότι επειδή το κόστος είναι ο βασικός προσδιοριστής παραγγελιών, οι προμηθευτές με χαμηλό κόστος είναι πάντα υποχρεωμένοι να έχουν τουλάχιστον κάποιο μερίδιο από τις συνολικές παραγγελίες.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τη διακοπή του εφοδιασμού, ο Tomlin έχει εκπονήσει εκτενή μελέτη που διερευνά τις επιπτώσεις των διαταραχών του εφοδιασμού και των στρατηγικών για τη διαχείριση των διαταραχών. Στη μελέτη διαπίστωσε ότι η φύση των διαταραχών συχνά υπαγορεύει τις βέλτιστες πολιτικές για τη βέλτιστη διαχείριση των διαταραχών.

Οι Keren και Pilskin παρέχουν μια λύση κλειστής μορφής για την περίπτωση της επικινδυνότητας που αντιμετωπίζει ομοιόμορφη ζήτηση όταν η λειτουργία χρησιμότητας είναι οποιαδήποτε αυξανόμενη διαφοροποιήσιμη λειτουργία. Διαπιστώνουν επίσης ότι η αύξηση της μεταβλητότητας της ζήτησης μπορεί να αυξήσει ή να μειώσει τη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας, ανάλογα με τις αρχικές συνθήκες του προβλήματος.

Οι Chen et al μελέτησαν τη συμπεριφορά του μοντέλου του εφημεριδοπόλη με έναν επικίνδυνο προμηθευτή σύμφωνα με το στοχαστικό ζήτημα που εξαρτάται από την τιμή, χρησιμοποιώντας το CVaR ως κριτήριο απόφασης. Διαπίστωσαν ότι ο προμηθευτής συχνά επιλέγει μια μικρότερη ποσότητα παραγγελίας από τον αντίστοιχο ουδέτερο για τον κίνδυνο. Εάν η τιμή είναι σταθερή,

η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας ενός προμηθευτή είναι μικρότερη από τη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας που είναι ουδέτερη σε σχέση με τον κίνδυνο. Το CVaR χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό όταν λογοδοτεί και η άποψη του υπεύθυνου λήψης αποφάσεων, καθώς συνδυάζει τόσο τον κίνδυνο όσο και την ανταμοιβή που συνδέεται με τις εν λόγω αποφάσεις παραγγελίας. Το πρόβλημα των ειδήσεων έχει επίσης μελετηθεί με πειράματα, συγκρίνοντας τις επιλογές των επαγγελματιών με τις βέλτιστες αποφάσεις.

2.3 Το κλασσικό πρόβλημα του εφημεριδοπώλη

Αρχικά ως προς το όνομα του μοντέλου παρατίθεται το ιστορικό παράδειγμα πάνω στο οποίο βασίστηκε.

«Κάθε πρωί ο ιδιοκτήτης ενός πρατηρίου εφημερίδων πρέπει να κάνει μία παραγγελία σε εφημερίδες που θα του χρειαστούν για εκείνη την ημέρα. Στην περίπτωση που η παραγγελία είναι πολύ μεγάλη, μέρος του συνόλου των εφημερίδων θα πρέπει να πεταχτεί ή να πουληθεί ως «περασμένες» στο τέλος της ημέρας. Στην αντίθετη περίπτωση, οι πελάτες του πρατηρίου θα δυσαρεστηθούν με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν χαμένες πωλήσεις και να μειωθεί το κέρδος του εφημεριδοπώλη. Επομένως το ζήτημα του τελευταίου είναι να βρει εκείνο το (βέλτιστο) ύψος της παραγγελίας εφημερίδων που θα του εξασφαλίζει τόσο την ικανοποίηση της ζήτησης των πελατών όσο και την μεγιστοποίηση του (μέσου) κέρδους του, γνωρίζοντας την κατανομή της ζήτησης καθώς και τις παραμέτρους κόστους.»

Το μοντέλο ή πρόβλημα του «εφημεριδοπώλη» αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι και ένα από τα σημαντικότερα μέρη της επιχειρησιακής έρευνας. Ιστορικά, το μοντέλο υπάρχει και μελετάται από το 1888, όπου πρώτος ο Francis Ysidro Edgeworth χρησιμοποιώντας το κεντρικό οριακό θεώρημα προσπαθούσε να καθορίσει τα βέλτιστα χρηματικά αποθεματικά με σκοπό την ικανοποίηση τυχαιών αναλήψεων από τους καταθέτες των τραπεζών. Ωστόσο σύγχρονοι ερευνητές ισχυρίζονται ότι ο όρος “newsboy” ή “news vendor” διατυπώνεται για πρώτη φορά στο βιβλίο “Methods of Operations Research”, το 1951, από τους George E. Kimball και Philip M. Morse.

Στο σήμερα, χάρις την πολυετή μελέτη και έρευνα πολλών ερευνητών ανά τον κόσμο, το μοντέλο έχει αποκτήσει πάρα πολλές επεκτάσεις και μετατροπές. Γεγονός που το καθιστά

ζωτικής σημασίας εργαλείο για πολλές επιχειρήσεις και ειδικότερα για εκείνες που επικεντρώνονται στο supply management. Ενδεικτικές χαρακτηριστικές έννοιες που προστέθηκαν στην φύση του πρότυπου και αρχικού μοντέλου αποτελούν:

- Supply disruption: Περίπτωση διακοπής της προμήθειας.
- Multi-product: Η ζήτηση, προμήθεια και πώληση άνω του ενός προϊόντος.
- Multi-supply: Η προμήθεια του προϊόντος ή προϊόντων από παραπάνω από έναν προμηθευτή.
- Unreliability: Η ύπαρξη μη αξιόπιστων προμηθευτών.

2.3 Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη

Η δομή του προβλήματος παρουσιάζεται στο σχήμα 1.

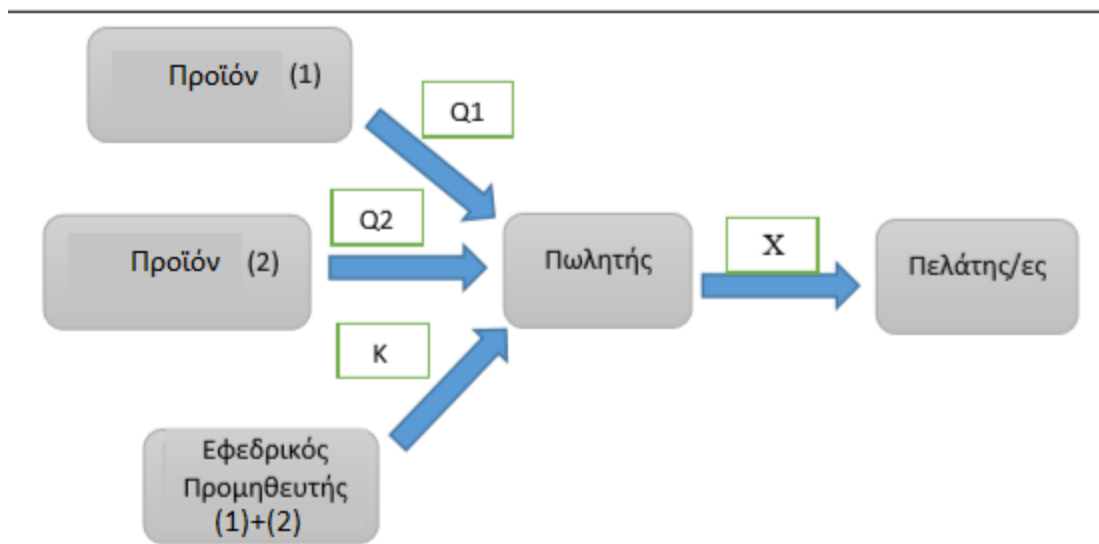


Σχήμα 1 Πρότυπο προβλήματος «εφημεριδοπώλη» σε μορφής διαγράμματος ροής

Με βάση το σχήμα 1 μπορούμε πλέον να αποκτήσουμε μία ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με το πρόβλημα του «εφημεριδοπώλη». Εύκολα μπορεί να γίνει κατανοητό ότι ο προμηθευτής παρέχει στον πωλητή μία ποσότητα Q και με τη σειρά του ο πωλητής καλείται να προσφέρει μια ποσότητα στον πελάτη/ες ούτως ώστε να εξασφαλιστεί η τυχαία ζήτηση X . Στην παρούσα διπλωματική εργασία καλούμαστε να βρεθούμε στην θέση του ενδιαμέσου μέρους, δηλαδή του πωλητή. Προτεραιότητα αποτελεί ο στόχος της κάλυψης της ζήτησης X και παράλληλα η μεγιστοποίηση του κέρδους στο τέλος αυτής της διαδικασίας. Καίριας σημασίας είναι το να γίνει αντιληπτό ότι η επίτευξη του μέγιστου ύψους κερδών δεν είναι υποδεέστερης σημασίας σε σχέση με την ικανοποίηση των πελατών και ο λόγος είναι το ότι βρισκόμαστε στη θέση του πωλητή.

Ως προς τη φύση του μοντέλου πρέπει να τονιστούν μερικά σημαντικά χαρακτηριστικά τα οποία δεν μπορούν να απεικονιστούν σε ένα διάγραμμα ροής. Πρώτον, οι διαδικασίες καθορισμού της παραγγελίας στον προμηθευτή, παράδοσης της παραγγελίας από τον προμηθευτή στον πωλητή και πώλησης ή ικανοποίησης της ζήτησης των πελατών από τον πωλητή, λαμβάνουν χώρα στην ίδια χρονική περίοδο. Όπως και στο κλασσικό παράδειγμα του «εφημεριδοπώλη» που παρουσιάστηκε, η παραγγελία εφημερίδων πραγματοποιείται στην αρχή της ημέρας και η διαδικασία της πώλησης γίνεται φανερό ότι τερματίζεται στο τέλος της· συνεπώς η περίοδος διεξαγωγής της διαδικασίας είναι μία ημέρα. Δεύτερον, επειδή αρχικά εξετάζουμε το απλούστερο δυνατό μοντέλο, υπάρχει απουσία αποθέματος. Αύτη η απλούστευση χρησιμοποιείται και στην επέκταση του μοντέλου που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς απώτερο στόχο αποτελεί η μελέτη της δυναμικότητας επιρροής των παραμέτρων πάνω στο πρόβλημα. Τρίτο χαρακτηριστικό είναι η απουσία περίπτωσης διακοπής προμήθειας (supply disruption). Τέταρτον η παραπάνω διαδικασία αφορά τη διακίνηση ενός συγκεκριμένου προϊόντος. Πέμπτο, γίνεται η θεώρηση ότι οι χρόνοι της παράδοσης της παραδιδόμενης ποσότητας, της διατήρησης της ποσότητας προϊόντων στη θέση του πωλητή και της πώλησης-παραλαβής ποσότητας προϊόντων από τους πελάτες, είναι αμελητέοι. Έκτο, η ζήτηση είναι δεδομένη, για; το εκάστοτε προϊόν..

Έχοντας πλέον κατανοήσει το βασικό πρότυπο μοντέλο, μπορούμε να μεταβούμε στην επέκτασή του, η οποία θα αποτελέσει το αντικείμενο μελέτης της διπλωματικής εργασίας. Στο σχήμα 2 παρατίθεται ένα νέο διάγραμμα ροής, στο οποίο έχουν προστεθεί δύο προϊόντα.



Σχήμα 2 Επέκτασης μοντέλου «εφημεριδοπώλη» σε διάγραμμα ροής με προμηθευτή και 1 εφεδρικό προμηθευτή και δύο προϊόντα

Πλέον ο πωλητής αναθέτει τις παραγγελίες στον τυπικό του προμηθευτή για τα δύο προϊόντα (1) και (2), για τα οποία η συμπεριφορά του προμηθευτή έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά τα οποία θα παρατεθούν στο επόμενο κεφάλαιο. Ο βασικός προμηθευτής τροφοδοτεί τον πωλητή με διαφορετικές ποσότητες του κάθε προϊόντος ($Q1 \neq Q2$), ανάλογα με την ζήτηση αυτών γιατί αρχικά ο πωλητής εξετάζει τα διαφορετικά τους χαρακτηριστικά και με βάση αυτά διαμορφώνει και αναθέτει διαφορετικού ύψους παραγγελίες. Όμως η προσφορά των προϊόντων (1) και (2) από τον τυπικό προμηθευτή δεν είναι αρκετή για να τροφοδοτήσει ικανοποιητικά τον πωλητή προκειμένου να εξασφαλιστεί η ζήτηση X των πελατών. Το γεγονός αυτό είναι απόρροια της αναξιοπιστίας του, αλλιώς της ύπαρξης αβεβαιότητας ως προς την παραδιδόμενη ποσότητα, που θα αναλυθεί παρακάτω. Συμπερασματικά δημιουργείται η ανάγκη στον πωλητή να διαθέτει έναν δεύτερο εφεδρικό προμηθευτή, με διαφορετικά χαρακτηριστικά από τους προηγούμενους με κυριότερο το ότι είναι φερέγγυος, δηλαδή 100% αξιόπιστος ως προς την ποσότητα που πρόκειται να παραδώσει στον πωλητή. Εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι ο ρόλος του εφεδρικού είναι το να αποτρέψει την δημιουργία μεγάλου ύψους χαμένων πωλήσεων και συνεπώς σημαντική πτώση του κέρδους. Επιπροσθέτως, πρέπει να τονιστεί ότι τα παραπάνω πέντε χαρακτηριστικά που προσδόθηκαν στο βασικό-πρότυπο μοντέλο ισχύουν και στην επέκταση που εξετάζουμε.

2.3.1 Αβεβαιότητα

Ο όρος της αβεβαιότητας είναι στενά συνδεδεμένος με τον όρο της τυχαιότητας και σηματοδοτεί το ότι δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι συνήθως για το μέγεθος μίας ποσότητας. Πολλά διαφορετικά μοντέλα έχουν εμπλουτιστεί μέσω παραγόντων αβεβαιότητας τόσο σε τομείς της Επιχειρησιακής Έρευνας όσο και στην πλειονότητα των τομέων των θετικών επιστημών γενικότερα. Ο λόγος είναι ότι μέσω της χρήσης της επίδρασης της αβεβαιότητας στα μοντέλα, κατορθώνεται το να γίνονται πιο ρεαλιστικά και διασφαλίζεται σε μεγάλο βαθμό η αποτροπή εμφάνισης αναπάντεχων γεγονότων που θα είχαν σημαντικές επιπτώσεις. Η αβεβαιότητα, επίσης, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την επιστήμη της Στατιστικής και τη γενικότερη φύση των πιθανοτήτων. Επομένως σε πολλά προβλήματα, όπως και σε αυτό το οποίο πραγματευόμαστε, η αβεβαιότητα εκφράζεται και υπεισέρχεται μέσω κατανομών και συναρτήσεων πιθανοτήτων.

Ως προς το πρόβλημα της παρούσας διπλωματικής εργασίας υπάρχουν δύο σκέλη στα οποία εντάσσεται η επίδραση της αβεβαιότητας. Πρώτον, ως προς τη ζήτηση X των πελατών, διατηρώντας αυτό το μέρος της φύσης του βασικού προβλήματος. Θεωρούμε λοιπόν ότι η ζήτηση των πελατών μας δεν είναι επακριβώς γνωστή, αλλά γνωρίζουμε πλήρως την κατανομή που ακολουθεί ή μπορούμε να την ορίσουμε αυθαίρετα βασιζόμενοι στα χαρακτηριστικά του προβλήματος που μελετάμε. Μία επιπλέον επιδίωξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ήταν η διαμόρφωση ενός γενικότερου πλαισίου που θα μπορεί να είναι εξίσου ρεαλιστικό και χρήσιμο για μεγάλο εύρος εφαρμογών. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκε η ομοιόμορφη κατανομή ως το είδος της κατανομής της τυχαίας μεταβλητής της ζήτησης.

Κατά δεύτερον, η επίδραση της αβεβαιότητας αποφασίστηκε να εφαρμοστεί και στο κομμάτι της αξιοπιστίας του κάθε προμηθευτή σε σχέση με την παράδοση του κάθε προϊόντος, δηλαδή στο κομμάτι της παραδιδόμενης ποσότητας. Για το σκοπό αυτό ορίσαμε για τον τυπικό προμηθευτή και για το κάθε προϊόν ένα ποσοστό παραδιδόμενης παραγγελίας το οποίο, αντίστοιχα με την αβέβαιη ζήτηση, θα αποτελεί μία συνεχή τυχαία μεταβλητή και θα υποδηλώνει ως προς τις εκατό πόσο ύψος παραδιδόμενης παραγγελίας μπορεί να τροφοδοτήσει ο προμηθευτής στον πωλητή σε σχέση με την αρχική παραγγελία που του έχει ανατεθεί. Με την ίδια νοοτροπία αντιλαμβανόμαστε ότι τα ποσοστά αυτά δεν μπορούμε να τα γνωρίζουμε, αλλά μπορούμε να

καθορίσουμε τις κατανομές τους. Επιλέχθηκε λοιπόν για αυτήν την περίπτωση το είδος της ομοιόμορφης κατανομής. Ο πρώτος λόγος είναι κοινός με τον λόγο επιλογής της κανονικής κατανομής για την αβέβαιη ζήτηση που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Ο δεύτερος είναι πολύ σημαντικότερος και καθόρισε σε μεγάλο βαθμό τη συλλογιστική πορεία ολοκλήρωσης και μελέτης της διπλωματικής εργασίας και είναι η Ανάγκη Διακριτοποίησης, που θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο. Με βάση την εμπειρία που κερδίσαμε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης αλλά και τους στόχους του τελικού αποτελέσματος που θέσαμε (σύντομης διάρκειας βελτιστοποιήσεις), από πολύ νωρίς προέκυψε το συμπέρασμα ότι πιθανότατα θα είναι αναγκαία η μετάβαση από το αρχικό συνεχούς μορφής πρόβλημα σε ένα διακριτής μορφής πρόβλημα. Το συμπέρασμα αυτό αποτέλεσε το κίνητρο δημιουργίας κώδικα που τα στοιχεία του θα είναι εύκολα μεταβιβάσιμα στο διακριτής μορφής πρόβλημα προκειμένου να μπορούν να πραγματοποιηθούν πιθανές συγκρίσεις. Έτσι, η τελική απόφαση ως προς το είδος της κατανομής των ποσοστών παραδιδόμενης παραγγελίας των προμηθευτών ήταν η ομοιόμορφη κατανομή.

2.3.2 Αναξιόπιστία προμηθευτή

Ο αναξιόπιστος προμηθευτής σαν χαρακτηριστικό της επέκτασης του μοντέλου που μελετάται δεν εμπεριέχει μόνο το στοιχείο της αβεβαιότητας, το οποίο όπως προαναφέρθηκε μας οδηγεί σε μία πιο ρεαλιστική προσέγγιση του προβλήματος. Αλλά κατορθώνει να συμπεριλάβει μέσα στην πορεία της διαδικασίας κατά κάποιο τρόπο πιθανά ενδεχόμενα που θα συναντούσε κάποιος σε πραγματικές εφαρμογές Επιχειρησιακής Έρευνας, τα οποία μπορούν να διατυπωθούν με συνάφεια μέσα από αυτά τα ποσοστά παραδιδόμενης παραγγελίας. Το συγκεκριμένο είδος προμηθευτών αποτελεί μία από τις πιο κοινές μεθόδους επέκτασης του προβλήματος του «εφημεριδοπώλη» και βρίσκεται σε πάρα πολλές εφαρμογές Επιχειρησιακής Έρευνας. Ωστόσο πρέπει να αποσαφηνιστεί ότι η παράμετρος των αναξιόπιστων προμηθευτών στη φύση του μοντέλου δεν μπορεί να συνδεθεί ή να αξιοποιηθεί προκειμένου να συμπεριληφθούν παράμετροι όπως το Supply Disruption. Επιπλέον για την μεγαλύτερη κατανόηση της αναγκαιότητας ύπαρξης αναξιόπιστων προμηθευτών, μπορούμε να συλλογιστούμε ότι είναι σύνηθες οι προμηθευτές να μην παραδίδουν στους πωλητές πελάτες τους τις ποσότητες προϊόντων που ζητάνε σε περιπτώσεις όπου μέρος των παραδιδόμενων προϊόντων έχουν υποστεί φθορά ή δεν

πληρούν όλα τα απαιτούμενα κριτήρια ποιότητας ούτως ώστε να μπορούν να διατεθούν στην επόμενη βαθμίδα της αγοράς.

2.3.3 Εναλλακτικός προμηθευτής

Η χρήση του εφεδρικού προμηθευτή αποτελεί μία από τις συνηθέστερες μεθόδους αντιμετώπισης των προβλημάτων που δημιουργούνται μέσα στο μοντέλο και έχουν σαν συνέπεια τη δημιουργία έλλειψης στην ποσότητα προϊόντων που μπορεί να διαθέσει ο πωλητής στους πελάτες του. Στην παρούσα επέκταση το ανάλογο πρόβλημα δημιουργείται αποκλειστικά από τον αναξιόπιστο κύριο προμηθευτή και ο εφεδρικός καλείται να το αντισταθμίσει. Η αντιστάθμιση επιτυγχάνεται μέσω της αξιοπιστίας του, δηλαδή μέσω του ότι το ποσοστό της παραδιδόμενης ποσότητάς του στον πωλητή είναι μονίμως 100%. Όπως είχε προαναφερθεί τα χαρακτηριστικά του διαφέρουν από τον κύριο προμηθευτή. Το κυριότερο χαρακτηριστικό είναι η ύπαρξη ενός επιπρόσθετου κόστους εξασφάλισης, πέρα από το κόστος ανά μονάδα που αγοράζει ο πωλητής. Το κόστος ανά μονάδα που αγοράζει ο πωλητής είναι το χαρακτηριστικό που καθορίζει και διαφοροποιεί τον κάθε προμηθευτή από τους υπόλοιπους και στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι το μοναδικό χαρακτηριστικό του κύριου προμηθευτή. Το κόστος εξασφάλισης ή κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας, είναι το δεύτερο χαρακτηριστικό του εφεδρικού προμηθευτή και αντιπροσωπεύει από την μία μεριά το αντίτιμο που πρέπει να καταβάλει ο πωλητής για την αξιοπιστία του εφεδρικού προμηθευτή και από την άλλη μεριά την καταβολή εγγύησης για τις μονάδες που θα παραλάβει. Θα μπορούσαν προφανώς να δοθούν επιπρόσθετες ερμηνείες σχετικά με το κόστος εξασφάλισης, αλλά οι τελευταίες εξαρτώνται αποκλειστικά από την φύση και τα χαρακτηριστικά της εφαρμογής που θα μπορούσαμε να μελετάμε. Στην παρούσα επέκταση, προκειμένου να τηρηθεί το γενικότερο πλαίσιο, το κόστος εξασφάλισης έχει την ερμηνεία που αναφέρθηκε νωρίτερα.

Κεφάλαιο 3^ο Μαθηματικό μοντέλο εξεταζόμενου προβλήματος

3.1 Μαθηματικές εξισώσεις και παράμετροι προβλήματος

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο πρώτος στόχος αυτού του μοντέλου είναι η δημιουργία ενός γενικότερου πλαισίου, το οποίο θα μπορεί να είναι αρκετά ευέλικτο για να χρησιμοποιηθεί από το μέγιστο δυνατό εύρος εφαρμογών αυτής της μορφής. Κοινώς, στόχος είναι η επίτευξη της παραμετροποίησης και εν συνεχεία η ίδια νοοτροπία πρέπει να αποτελεί πυλώνα του κώδικα βελτιστοποίησης.

Αρχικά ορίζουμε τις παραμέτρους του προβλήματος, με βάση τις υποθέσεις και τις περιγραφές που πραγματοποιήσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο:

$X1, X2$: Αποτελεί τη ζήτηση των πελατών του πωλητή και είναι μία συνεχής τυχαία μεταβλητή.

f : Αποτελεί τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (PDF) της ζήτησης και καθορίζει ανάλογα με την κατανομή της ζήτησης που θα επιλεγεί. Με βάση την ανάλυση που προηγήθηκε η μορφή της κατανομής που θα επιλεγεί είναι η ομοιόμορφη.

$Q1, Q2$: Αποτελούν τις ποσότητες παραγγελίας (σε μονάδες) για το κάθε προϊόν (1) και (2) αντίστοιχα που θα ανατεθεί στο κύριο προμηθευτή.

$u1, u2$: Αποτελούν τα ποσοστά παραδιδόμενης ποσότητας παραγγελίας για το κάθε προϊόν (1) και (2) από τον προμηθευτή αντίστοιχα προς τον πωλητή. Είναι συνεχείς τυχαίες μεταβλητές μίας ομοιόμορφης κατανομής η οποία θα οριστεί στη συνέχεια.

$g1, g2$: Αποτελούν τις συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας (PDF) των συνεχών τυχαίων μεταβλητών των ποσοστών παραδιδόμενης ποσότητας παραγγελίας που ακολουθούν ομοιόμορφη κατανομή.

K : Αποτελεί την εξασφαλισμένη ποσότητα από τον εφεδρικό προμηθευτή εκφρασμένη σε μονάδες.

cR : Αποτελεί το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας.

c_1, c_2 : Αποτελούν τα κόστη ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας των δύο προϊόντων(1) και (2) αντίστοιχα.

c_{E1}, c_{E2} : Αποτελεί το κόστος ανά μονάδα αγοράς του κάθε προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή.

r_1, r_2 : Αποτελεί την τιμή πώλησης ανά μονάδα του κάθε προϊόντος, από τον πωλητή προς τους πελάτες του.

p_1, p_2 : Αποτελεί το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το κάθε προϊόν.

h_1, h_2 : Αποτελεί την τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του κάθε προϊόντος.

Αρχίζοντας να κατανοούμε τη μαθηματική φύση της επέκτασης, γίνεται αντιληπτή η ανάγκη ύπαρξης ενός λογικού περιορισμού:

$$h < c_i < (c_R + c_E) < r, i = 1, 2$$

Όπου $c_i = c_1$ όταν $i=1$ και $c_i = c_2$ όταν $i=2$. Ο περιορισμός αυτός πρέπει να γίνεται αντιληπτός από τον χρήστη του κώδικα βελτιστοποίησης και να τηρείται σε κάθε δοκιμή όταν αλλάζουν οι τιμές των παραμέτρων.

Το πρόβλημα βρίσκεται στο να βρεθούν οι τιμές των Q_1, Q_2 και K που να μεγιστοποιούν το αναμενόμενο κέρδος, το οποίο εκφράζεται μέσω μίας συνάρτησης $P(Q_1, Q_2, K)$. Η συνάρτηση του κέρδους προκύπτει από την αφαίρεση των μέσων αναμενόμενων κοστίων από τα μέσα αναμενόμενα έσοδα. Η μαθηματική έκφραση της συνάρτησης του κέρδους είναι η ακόλουθη:

$$P(Q_1, Q_2, K) = -c_1 * \overline{(G_1)} * Q_1 - c_2 * \overline{(G_2)} * Q_2 - K * c_r + P_1(Q_1, K) + \\ + P_3(Q_1, 0) * P_2(Q_2, K) + P_4(Q_1, Q_2, K) + (1 - P_3(Q_1, K)) * P_2(Q_2, 0)$$

Με στόχο τον υπολογισμό των υπολοίπων όρων του αθροίσματος ορίζονται η παρακάτω συνάρτηση υπολογισμού $L_i(S, K)$. Στην συνάρτηση όπου S θεωρείται η ποσότητα από το προϊόν που συλλέγεται από τον τυπικό προμηθευτή και K η ποσότητα από τον εναλλακτικό προμηθευτή. Επίσης όπου a και b νοούνται τα άνω και κάτω όρια της κατανομής της ζήτησης για το εκάστοτε προϊόν.:

$$L_i(S + K) = \begin{cases} \begin{cases} -c_{Ei} * K + (p_i + r_i) * (S + K) - p_i * m_i, S + K \leq a \\ c_{Ei} * (S + K - a) * \frac{S - K - a}{b - a} - c_{Ei} * K * \frac{b - S - K}{b - a} - (p_i + r_i) * \frac{(b - S - K)^2}{2(b - a)} + r_i + m_i, a < S + K < b \\ (-c_{Ei} + r_i) * m_i + c_{Ei} * S, S + K \geq b \end{cases} & , S \leq a \\ \begin{cases} h_i * \frac{(S - a)^2}{2(b - a)} - c_{Ei} * \frac{K^2}{2} - c_{Ei} * K * \frac{b - S - K}{b - a} - (p_i + r_i) * \frac{(b - S - K)^2}{2(b - a)} + r_i * m_i, S + K \leq b \\ h_i * \frac{(S - a)^2}{2(b - a)} - c_{Ei} * \frac{(b - S)^2}{2(b - a)} + r_i * m_i, S + K > b \\ (-h_i + r_i) * m_i + h_i * S & , S \geq b \end{cases} & , a < S < b \end{cases}$$

Συνεπώς οι επιμέρους όροι του αθροίσματος της συνάρτησης κέρδους διαμορφώνονται ως:

$$P_1(Q_1, K) = \sum_i L_1(Q_1 * G_1(u_1), K)$$

όπου $i=1, \dots, n$ με n τον αριθμό των διαστημάτων της διακριτοποίησης της u_1 .

$$P_2(Q_2, K) = \sum_i L_2(Q_2 * G_2(u_2), K)$$

όπου $i=1, \dots, n$ με n τον αριθμό των διαστημάτων της διακριτοποίησης της u_2 .

$$P_3(Q_1, K) = \sum_i CDF(Q_1 * G_1(u_1) + K)$$

όπου $i=1, \dots, n$ με n τον αριθμό των διαστημάτων της διακριτοποίησης της u_1 .

$$P_4(Q_1, Q_2, K) = \frac{\sum_i \sum_j \int_{Q_1 * G_1(u_1) + K}^{Q_1 * G_1(u_1)} L_2(Q_2 * G_2(u_2), K - x + Q_1 * G_1(u_1)) * f(x) dx}{n * m}$$

όπου $i=1, \dots, n$ με n τον αριθμό των διαστημάτων της διακριτοποίησης της u_1 , $j=1, \dots, m$ με m τον αριθμό των διαστημάτων της διακριτοποίησης της u_2 ,

Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η έκφραση της ποσότητας που επιδιώκουμε να μεγιστοποιήσουμε, που είναι το αναμενόμενο κέρδος, συναρτήσει των βέλτιστων ποσοτήτων που ψάχνουμε να καθορίσουμε. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι κατά την κατάστρωση του κώδικα βελτιστοποίησης θα χρειαστεί να δώσουμε σε αυτές τις τρεις ποσότητες κάποιες αρχικές τιμές και μέσω μίας ευρετικής επαναληπτικής μεθόδου θα επιδιωχθεί η εύρεση εκείνου του συνδυασμού που θα μεγιστοποιεί το αναμενόμενο κέρδος. Ο συνδυασμός αυτός θα αποτελέσει την βέλτιστη πολιτική ποσοτήτων προς παραγγελία.

3.2 Υποθέσεις μοντέλου

Οι υποθέσεις ή οι παραδοχές της επέκτασης που πραγματευόμαστε θα μπορούσαν να χωριστούν σε δύο είδη: τις Θεωρητικές και τις Προγραμματιστικές. Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούμε

στις Προγραμματιστικές καθώς το θεωρητικό υπόβαθρο που καθορίζεται από τις Θεωρητικές υποθέσεις έχει αναλυθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Αρχικά πρέπει να γίνει λόγος για την ομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης. Γνωρίζουμε ότι για να οριστεί μία ομοιόμορφη κατανομή απαιτούνται να είναι γνωστή η μέση τιμή καθώς και η τυπική απόκλιση. Αυτά τα δύο στοιχεία καθορίζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την έκβαση των τελικών αποτελεσμάτων. Για το λόγο αυτό πρέπει να επιλεγούν με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε μεταξύ διαφορετικών πειραμάτων-βελτιστοποιήσεων, που διατηρούν όμως μέση τιμή και τυπική απόκλιση ίδιας τάξης μεγέθους, να μπορούν να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις και να είναι εμφανείς οι αποκλίσεις. Ύστερα από μία μικρή σειρά δοκιμών, εύκολα καταλήξαμε σε βασικές μέσες τιμές και διακυμάνσεις για την ζήτηση του κάθε προϊόντος.

Συνέχεια έχει ο καθορισμός της ομοιόμορφης κατανομής των ποσοστών της παραδιδόμενης ποσότητας παραγγελίας. Το κομμάτι αυτό είναι μερικώς ευκολότερο στην κατανόηση, διότι πραγματεύεται ποσοστά. Γίνεται αντιληπτό ότι τα ποσοστά αυτά κυμαίνονται σε ένα διάστημα μεταξύ του 0% και του 100%. Επομένως η ορθότερη επιλογή είναι η διαμόρφωση μίας κατανομής με αρχή το 0 και τέλος το 1. Η κίνηση αυτή διασφαλίζει ότι θα αποφευχθούν περαιτέρω μετατροπές είτε εντός των συναρτήσεων του κώδικα είτε στο τέλος της διαδικασίας βελτιστοποίησης.

Επιπροσθέτως σημαντική κρίθηκε από πολύ νωρίς η τροποποίηση μέρους της συνάρτησης εσόδων L . Καθώς διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχε φυσική σημασία για το πρόβλημα, το άνω όριο του τρίτου κατά σειρά ολοκληρώματος να είναι το $+\infty$. Πέρα από το γεγονός ότι καθιστούσε την βελτιστοποίηση τραγικά χρονοβόρα και τις περισσότερες φορές μη πραγματοποιήσιμη. Επομένως αποφασίστηκε ότι μία συνεπής, μαθηματικά, τιμή για αυτό το άνω όριο είναι το διπλάσιο της μέσης τιμής. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η ακεραιότητα της σημασίας της συνάρτησης αλλά και η μέγιστη δυνατή ελαχιστοποίηση της επιβάρυνσης της συνάρτησης στη διαδικασία της βελτιστοποίησης.

Κεφάλαιο 4^ο Αποτελέσματα μοντέλου

Σε σχέση με το μαθηματικό μοντέλο που δημιουργήθηκε εξετάστηκε η επίδραση της μεταβολής των διαφόρων μεταβλητών του προβλήματος στο τελικό αποτέλεσμα των προσομοιώσεων. Στα επόμενα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στην επιρροή αυτή για κάθε μεταβλητή.

4.1 Επίδραση της τιμής πώλησης του πρώτου προϊόντος

Ο πίνακας 1 παρουσιάζει τις σχετικές τιμές των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων.

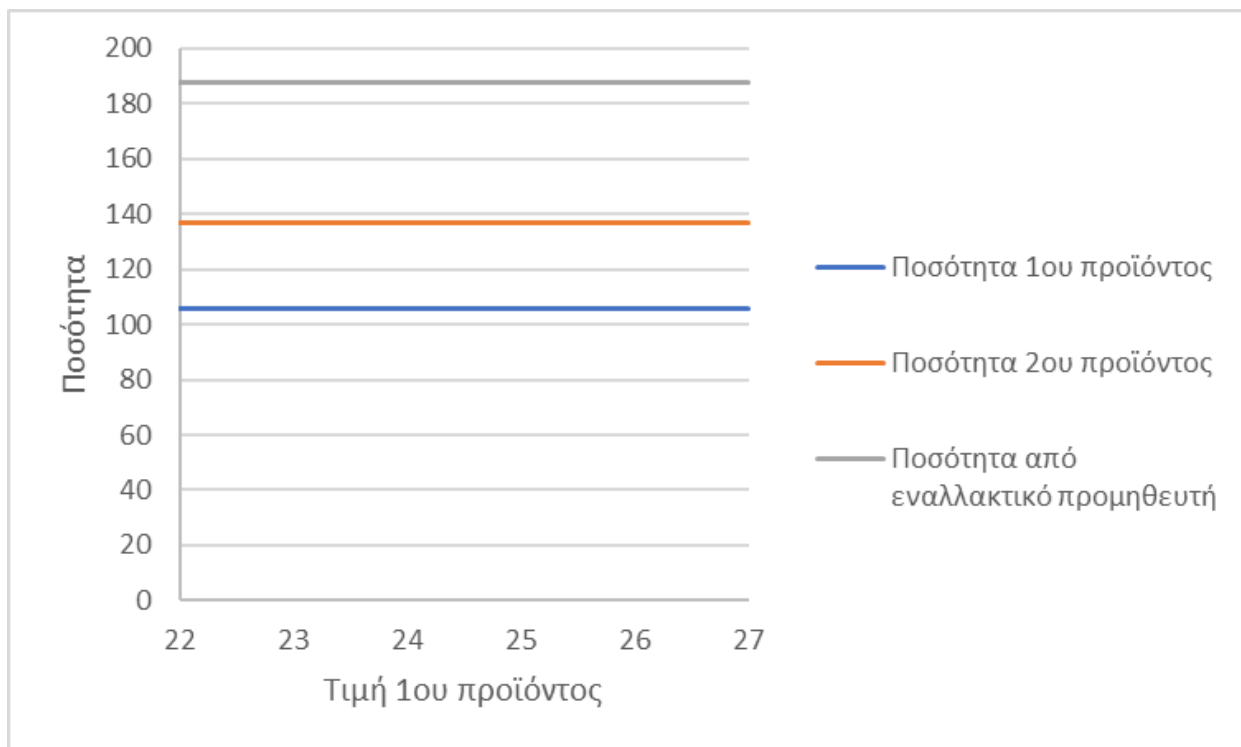
Πίνακας 1 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή τιμής πώλησης του πρώτου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	23	24	25	26	27
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
	100	100	100	100	100	100
Ζήτηση 1	90	90	90	90	90	90
	110	110	110	110	110	110
Ζήτηση 2	60	60	60	60	60	60

Τα διαγράμματα στα σχήματα 1 και 2 παρουσιάζουν αντίστοιχα την επίδραση της μεταβολής της μεταβλητής στα αποτελέσματα του μοντέλου.



Σχήμα 3 Μεταβολή κέρδους



Σχήμα 4 Μεταβολή παραγγελιών

Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει αυξάνει με την αύξηση της τιμής πώλησης του πρώτου προϊόντος (όπως ήταν και αναμενόμενο).

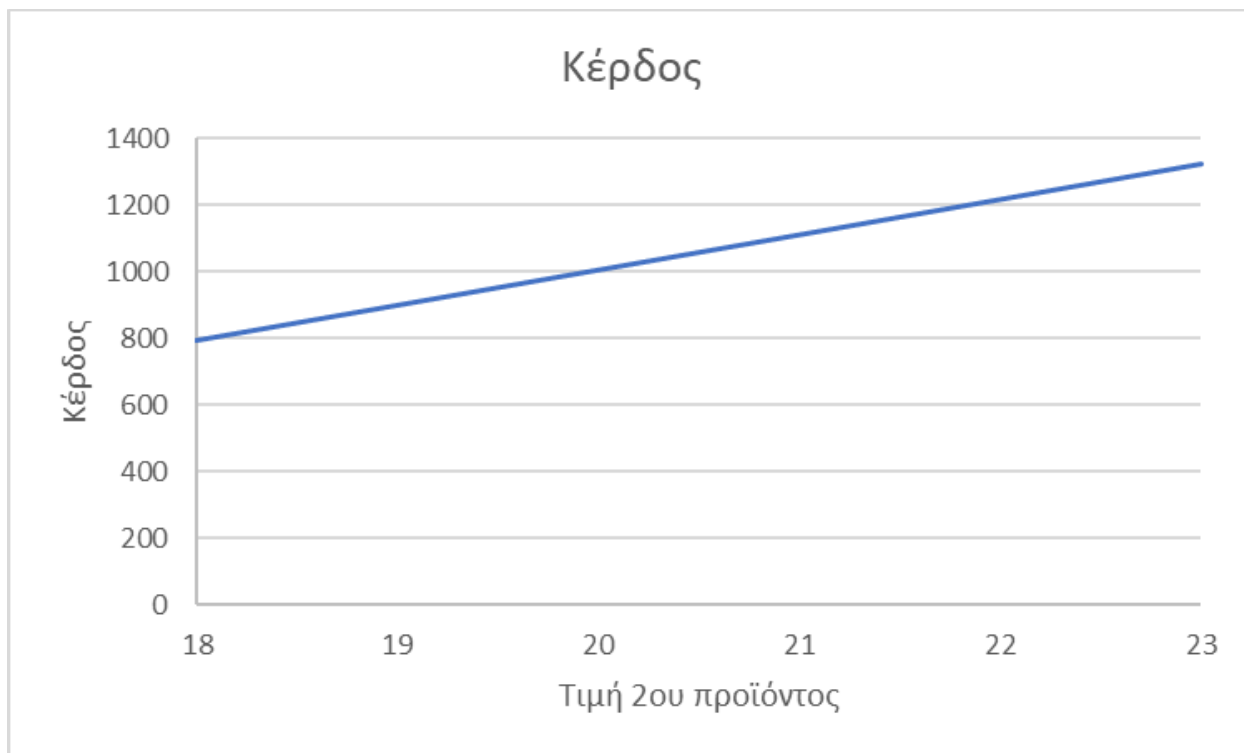
4.2 Επίδραση τιμής πώλησης δεύτερου προϊόντος

Ο πίνακας 2 παρουσιάζει τις σχετικές τιμές των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων.

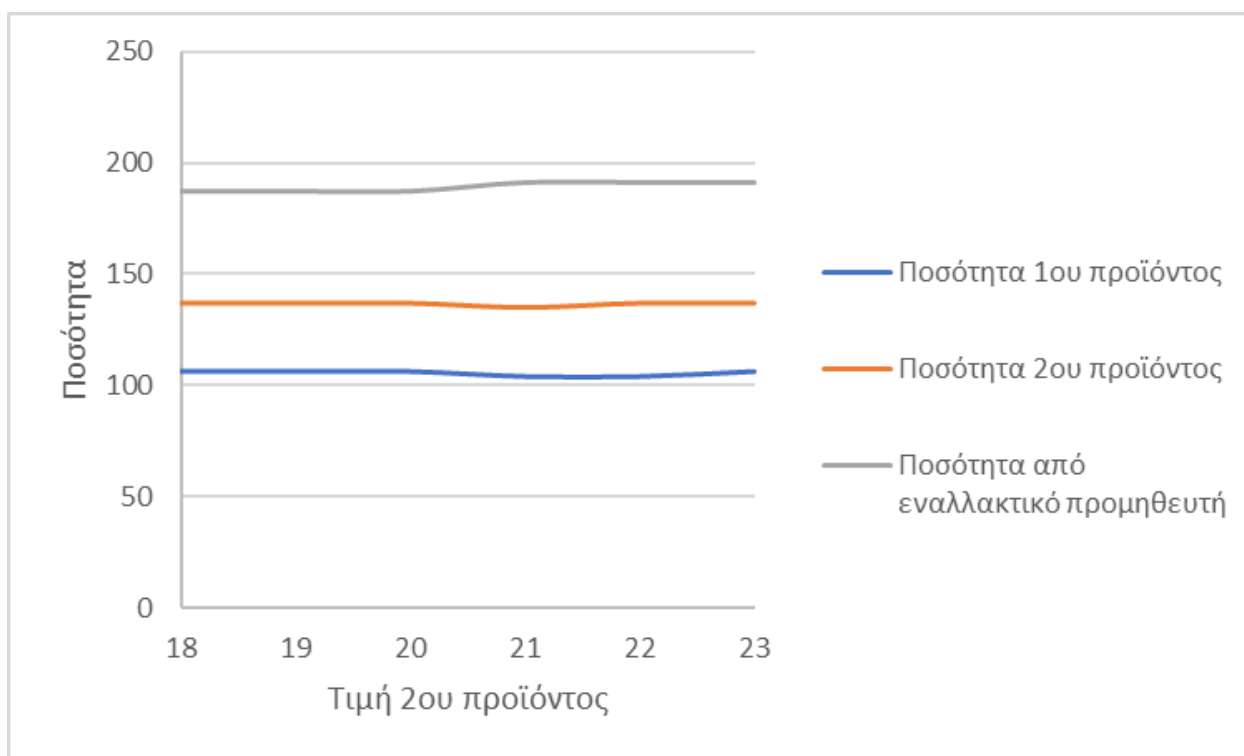
Πίνακας 2 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή τιμής πώλησης του δεύτερου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	18	19	20	21	22	23
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
	100	100	100	100	100	100
Ζήτηση 1	90	90	90	90	90	90
	110	110	110	110	110	110
Ζήτηση 2	60	60	60	60	60	60

Τα διαγράμματα στα σχήματα 3 και 4 παρουσιάζουν αντίστοιχα την επίδραση της μεταβολής της μεταβλητής στα αποτελέσματα του μοντέλου.



Σχήμα 5 Μεταβολή κέρδους



Σχήμα 6 Μεταβολή παραγγελιών

Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει αυξάνει με την αύξηση της τιμής πώλησης του πρώτου προϊόντος (όπως ήταν και αναμενόμενο). Η διακύμανση και διαφορά στις τιμές των παραγγελιών ενδεχομένως να οφείλεται σε σφάλματα του μοντέλου καθώς αναμενόταν να είναι σταθερή. Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην χρήση του εναλλακτικού προμηθευτή σε σημαντικό βαθμό.

4.3 Επίδραση της αύξησης της μέσης τιμής της ζήτησης του πρώτου προϊόντος

Ο πίνακας 3 παρουσιάζει τις σχετικές τιμές των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων.

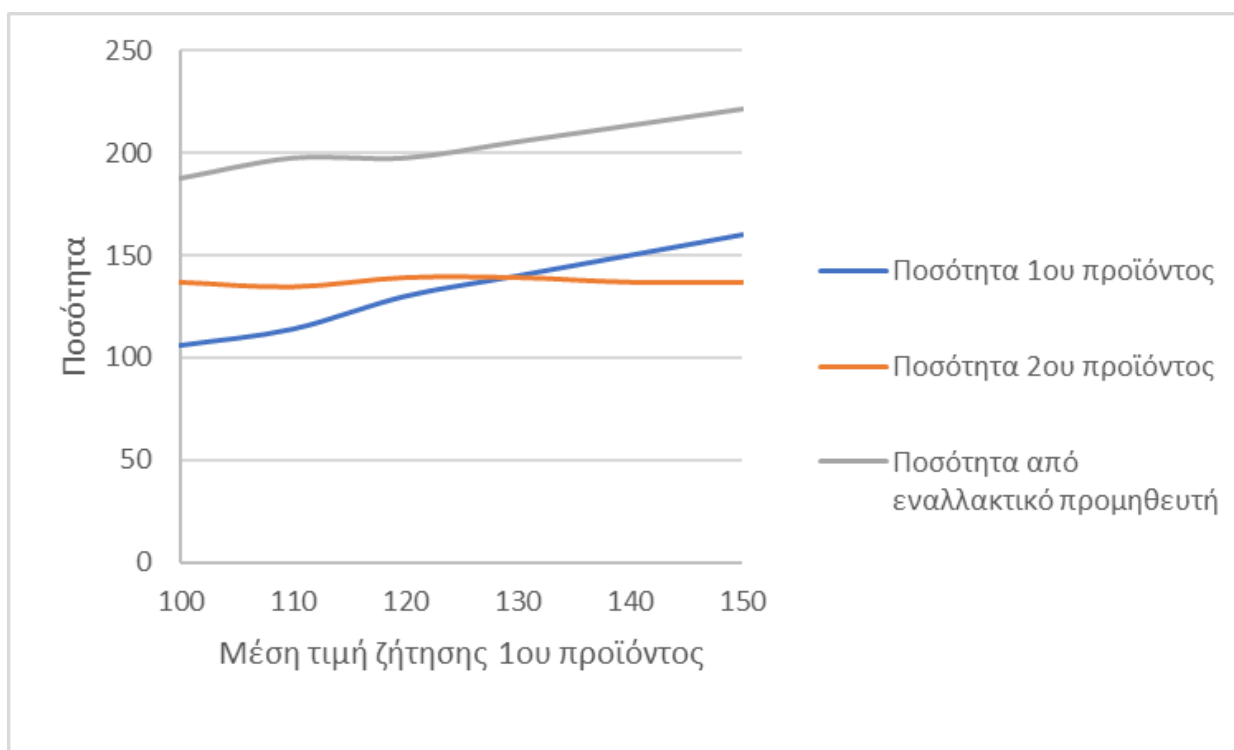
Πίνακας 3 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή της μέσης τιμής της ζήτησης του πρώτου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
	100	110	120	130	140	150
Ζήτηση 1	90	90	90	90	90	90
	110	110	110	110	110	110
Ζήτηση 2	60	60	60	60	60	60

Τα διαγράμματα στα σχήματα 5 και 6 παρουσιάζουν αντίστοιχα την επίδραση της μεταβολής της μεταβλητής στα αποτελέσματα του μοντέλου.



Σχήμα 7 Μεταβολή κέρδους



Σχήμα 8 Μεταβολή παραγγελιών

Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει αυξάνει με την αύξηση της ζήτησης του πρώτου προϊόντος (όπως ήταν και αναμενόμενο). Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην χρήση του εναλλακτικού προμηθευτή σε σημαντικό βαθμό. Περαιτέρω, όπως ήταν αναμενόμενο, οι ποσότητα του πρώτου προϊόντος που λαμβάνεται από τον προμηθευτή αυξάνει, όπως ήταν επίσης αναμενόμενο.

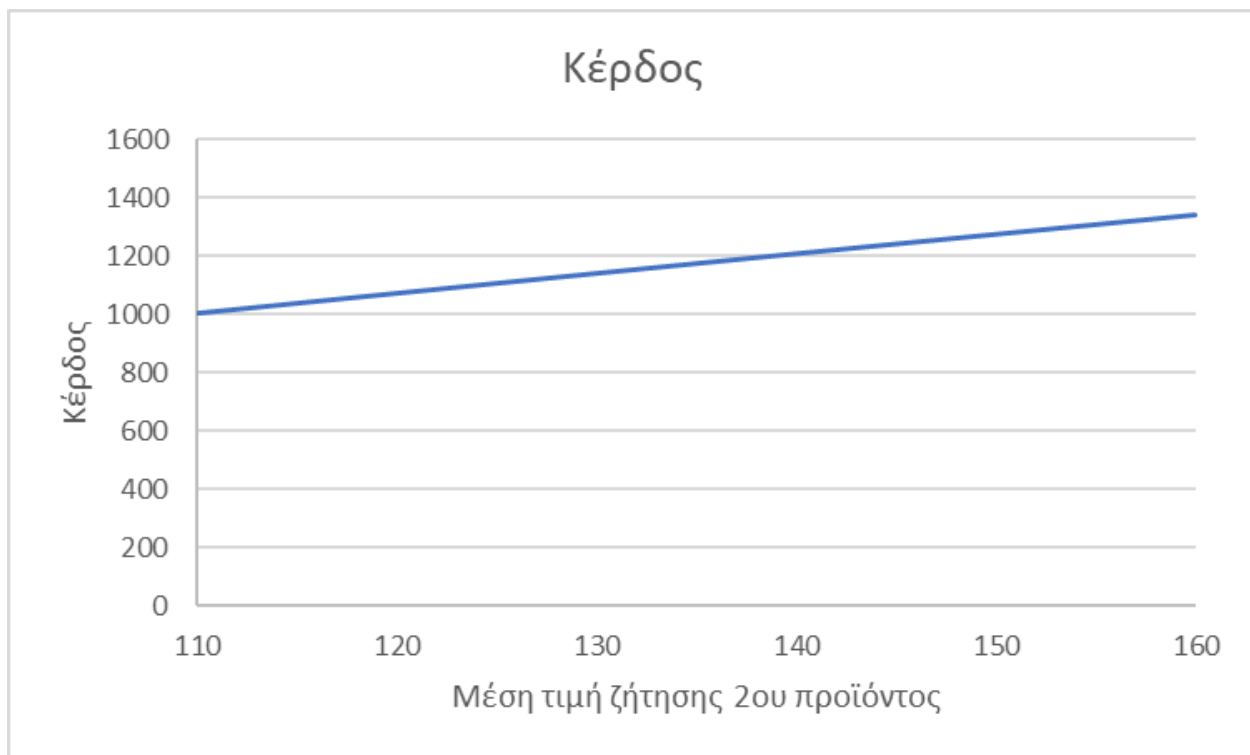
4.4 Επίδραση της αύξησης της μέσης τιμής της ζήτησης του δεύτερου προϊόντος

Ο πίνακας 4 παρουσιάζει τις σχετικές τιμές των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων.

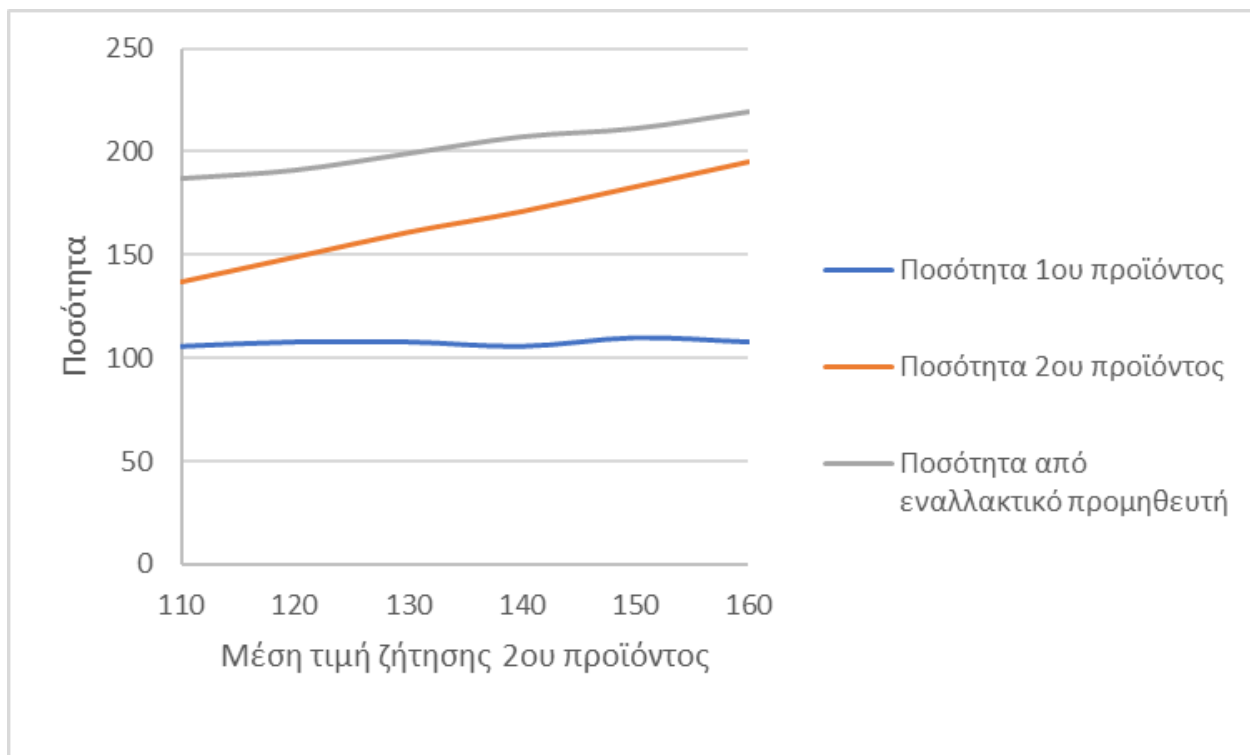
Πίνακας 4 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή της μέσης τιμής της διακύμανσης της ζήτησης του δεύτερου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών					
	Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
	100	100	100	100	100	100
Ζήτηση 1	90	90	90	90	90	90
	110	120	130	140	150	160
Ζήτηση 2	60	60	60	60	60	60

Τα διαγράμματα στα σχήματα 7 και 8 παρουσιάζουν αντίστοιχα την επίδραση της μεταβολής της μεταβλητής στα αποτελέσματα του μοντέλου.



Σχήμα 9 Μεταβολή κέρδους



Σχήμα 10 Μεταβολή παραγγελιών

Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει αυξάνει με την αύξηση της ζήτησης του πρώτου προϊόντος (όπως ήταν και αναμενόμενο). Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην χρήση του εναλλακτικού προμηθευτή σε σημαντικό βαθμό. Περαιτέρω, όπως ήταν αναμενόμενο, οι ποσότητα του δεύτερου προϊόντος που λαμβάνεται από τον προμηθευτή αυξάνει, όπως ήταν επίσης αναμενόμενο.

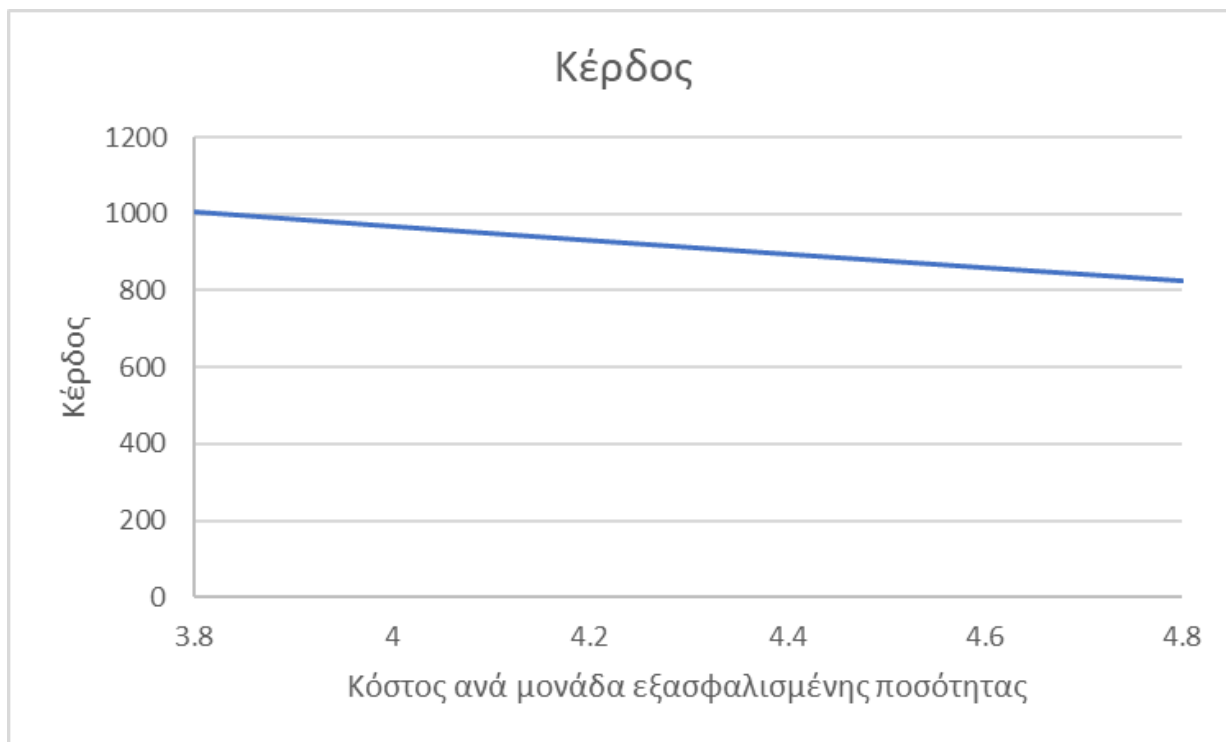
4.5 Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας

Ο πίνακας 5 παρουσιάζει τις σχετικές τιμές των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων.

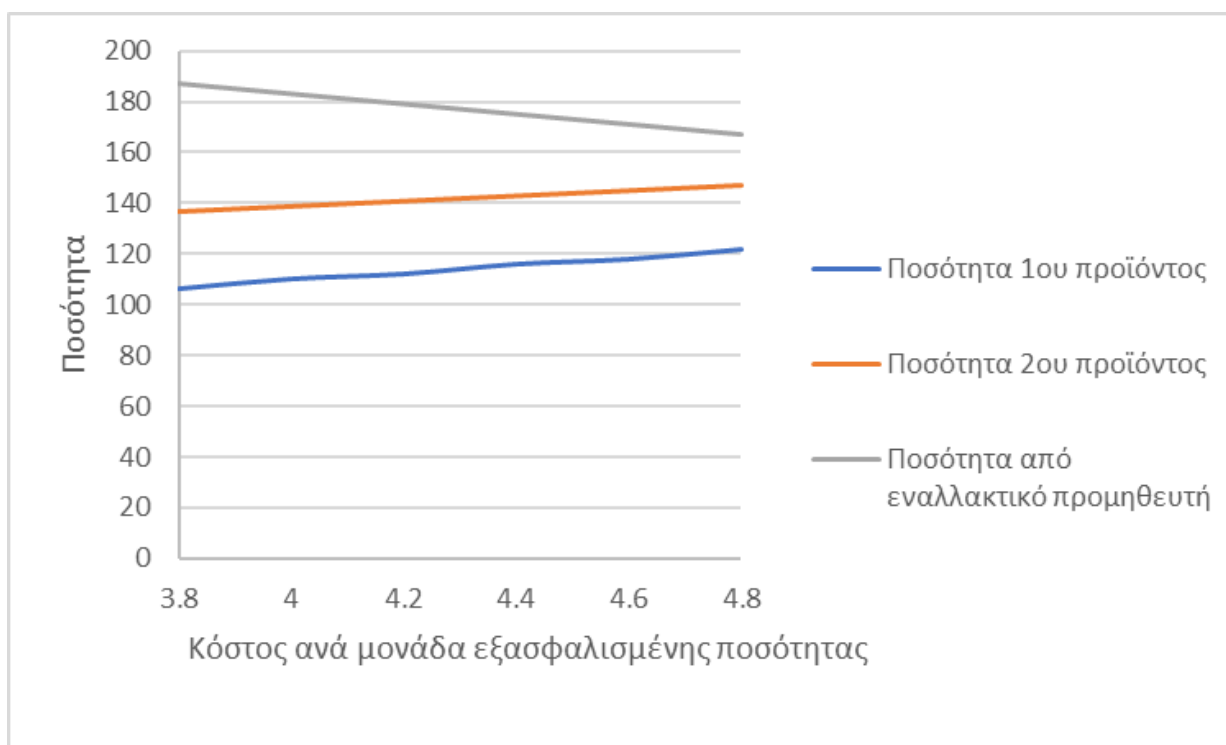
Πίνακας 5 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8
	10	10	10	10	10	10
Ζήτηση 1	190	190	190	190	190	190
	50	50	50	50	50	50
Ζήτηση 2	170	170	170	170	170	170

Τα διαγράμματα στα σχήματα 11 και 12 παρουσιάζουν αντίστοιχα την επίδραση της μεταβολής της μεταβλητής στα αποτελέσματα του μοντέλου.



Σχήμα 11 Μεταβολή κέρδους



Σχήμα 12 Μεταβολή παραγγελιών

Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει μειώνεται με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας (όπως ήταν και αναμενόμενο). Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του εναλλακτικού προμηθευτή όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του κύριου προμηθευτή.

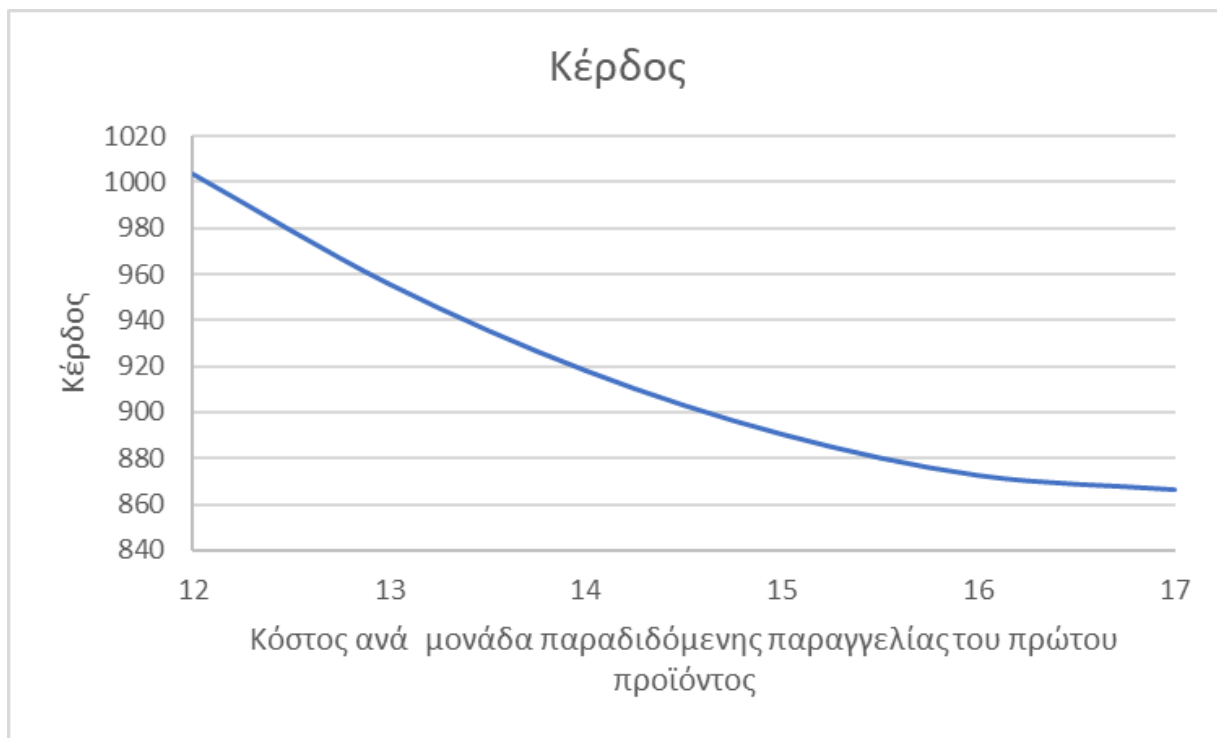
4.6 Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας του πρώτου προϊόντος

Ο πίνακας 6 παρουσιάζει τις σχετικές τιμές των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων.

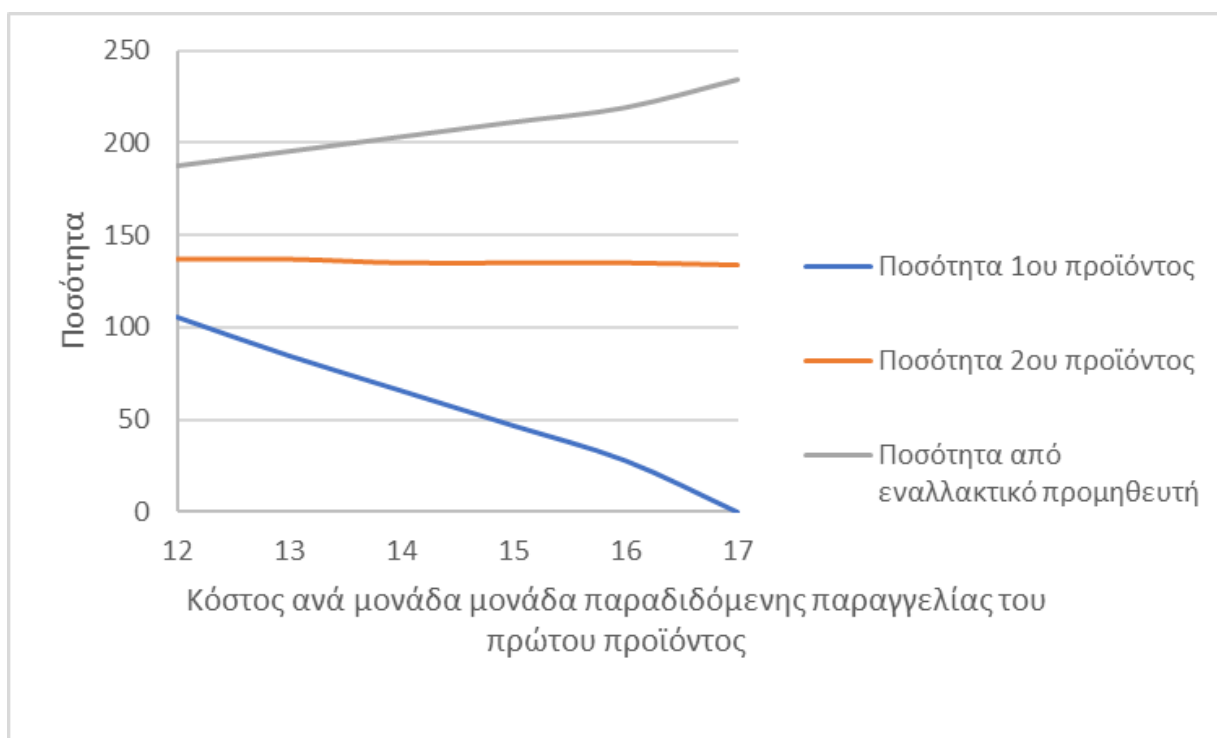
Πίνακας 6 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας του πρώτου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	13	14	15	16	17
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
	100	100	100	100	100	100
Ζήτηση 1	90	90	90	90	90	90
	110	110	110	110	110	110
Ζήτηση 2	60	60	60	60	60	60

Τα διαγράμματα στα σχήματα 13 και 14 παρουσιάζουν αντίστοιχα την επίδραση της μεταβολής της μεταβλητής στα αποτελέσματα του μοντέλου.



Σχήμα 13 Μεταβολή κέρδους



Σχήμα 14 Μεταβολή παραγγελιών

Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει μειώνεται με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας του πρώτου προϊόντος (όπως ήταν και αναμενόμενο) και βαίνει προς σταθεροποίηση καθώς μηδενίζεται η παραγγελία του προϊόντος από τον τυπικό προμηθευτή καθώς είναι πιο συμφέρουσα η αγορά από τον εναλλακτικό. Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του κύριου προμηθευτή για το προϊόν όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του εναλλακτικού προμηθευτή.

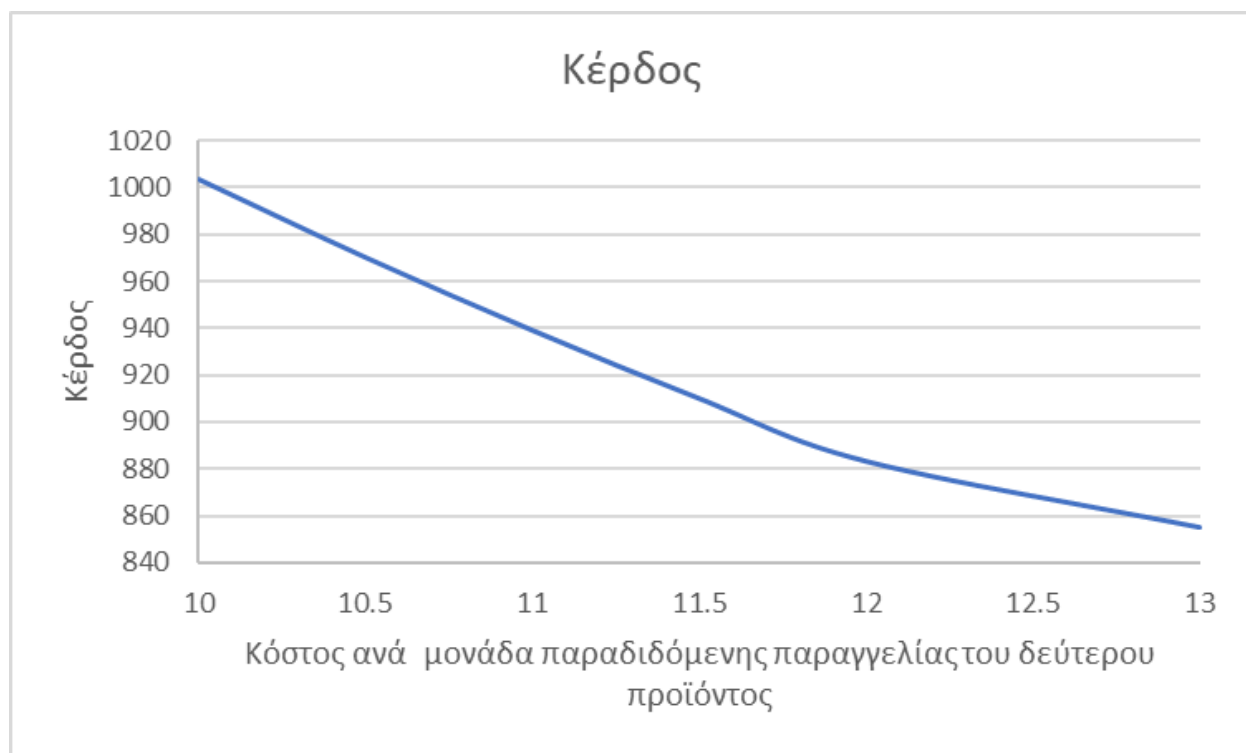
4.7 Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας του δευτέρου προϊόντος

Ο πίνακας 7 παρουσιάζει τις σχετικές τιμές των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων.

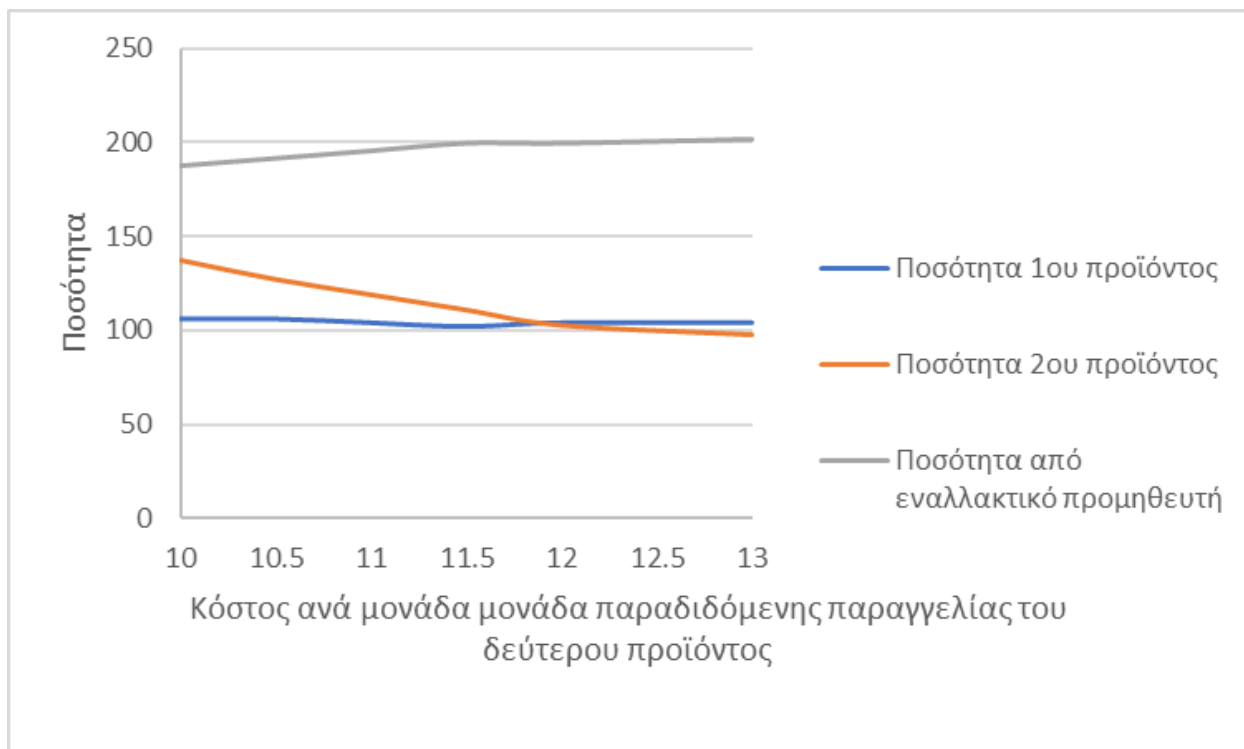
Πίνακας 7 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας του δευτέρου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10.5	11	11.5	12	13
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
	100	100	100	100	100	100
Ζήτηση 1	90	90	90	90	90	90
	110	110	110	110	110	110
Ζήτηση 2	60	60	60	60	60	60

Τα διαγράμματα στα σχήματα 15 και 16 παρουσιάζουν αντίστοιχα την επίδραση της μεταβολής της μεταβλητής στα αποτελέσματα του μοντέλου.



Σχήμα 15 Μεταβολή κέρδους



Σχήμα 16 Μεταβολή παραγγελιών

Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει μειώνεται με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας του δεύτερου προϊόντος (όπως ήταν και αναμενόμενο). Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του κύριου προμηθευτή για το προϊόν όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του εναλλακτικού προμηθευτή.

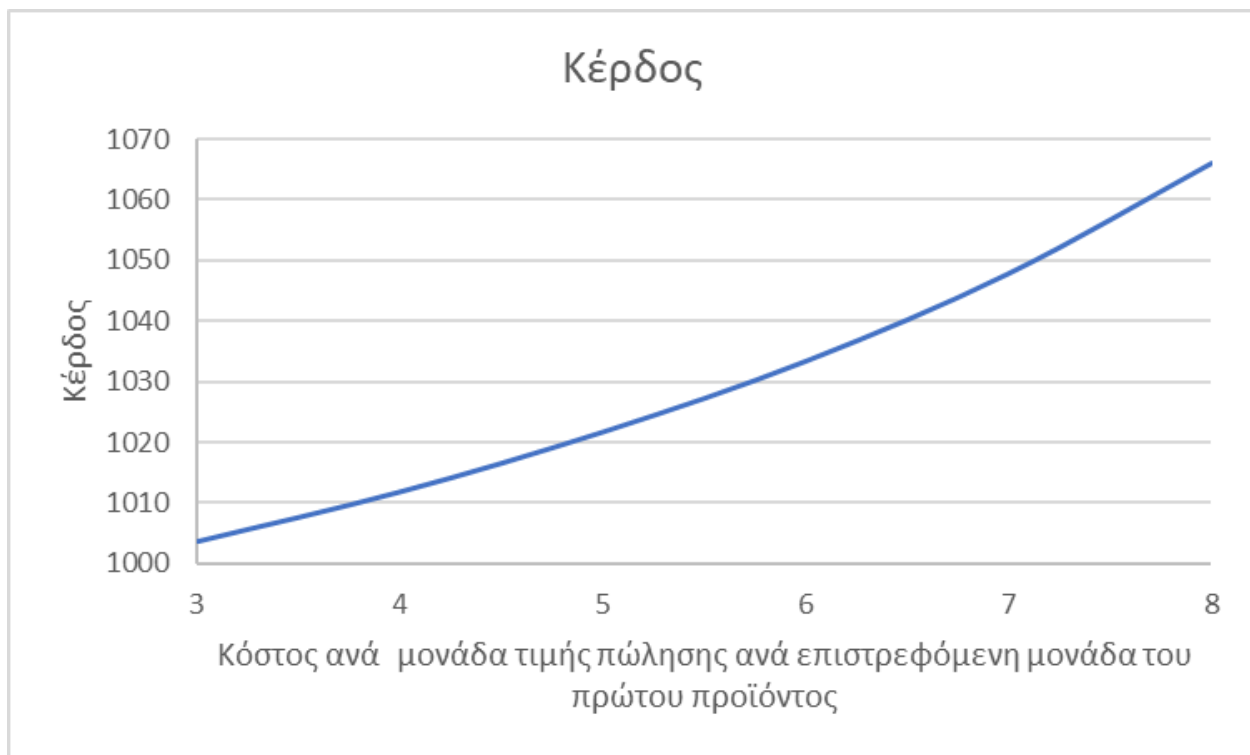
4.8 Επίδραση της αύξησης της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του πρώτου προϊόντος

Ο πίνακας 8 παρουσιάζει τις σχετικές τιμές των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων.

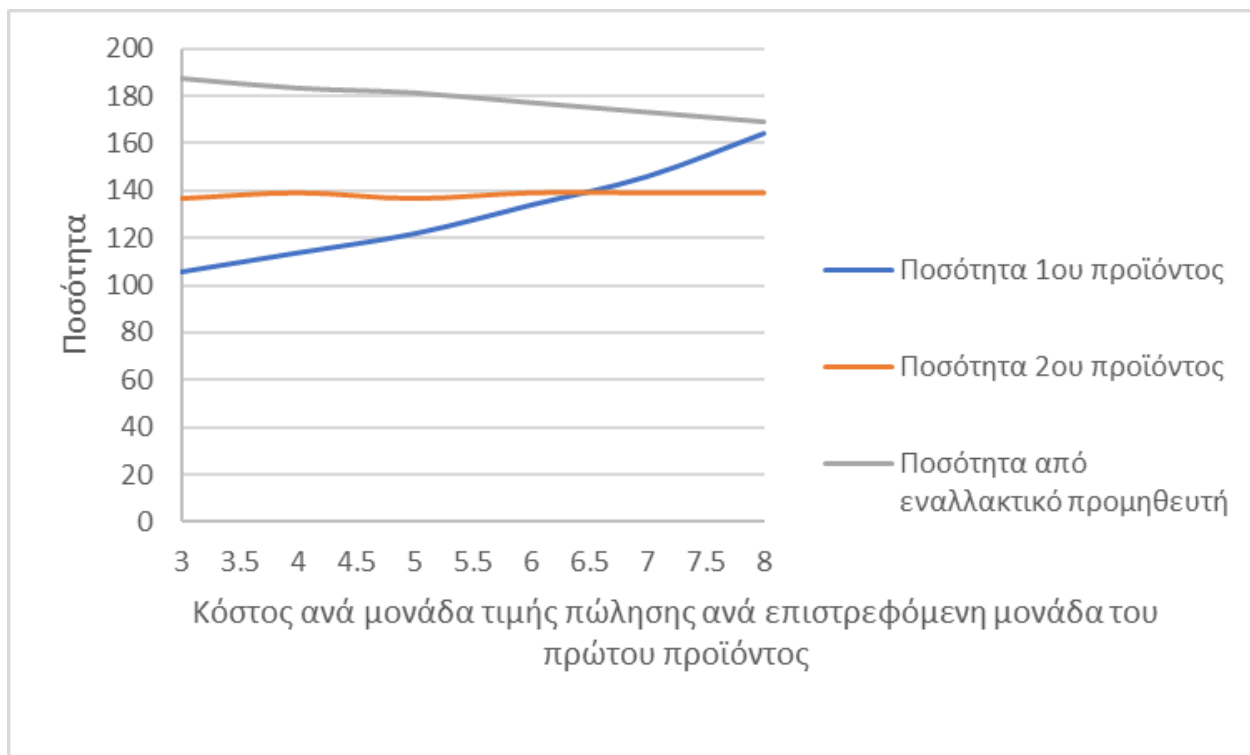
Πίνακας 8 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του πρώτου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	4	5	6	7	8
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ζήτηση 1	100	100	100	100	100	100
	90	90	90	90	90	90
	110	110	110	110	110	110
Ζήτηση 2	60	60	60	60	60	60

Τα διαγράμματα στα σχήματα 17 και 18 παρουσιάζουν αντίστοιχα την επίδραση της μεταβολής της μεταβλητής στα αποτελέσματα του μοντέλου.



Σχήμα 17 Μεταβολή κέρδους



Σχήμα 18 Μεταβολή παραγγελιών

Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει αυξάνεται με την αύξηση της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του πρώτου προϊόντος. Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του εναλλακτικού προμηθευτή για το προϊόν όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του κανονικού προμηθευτή.

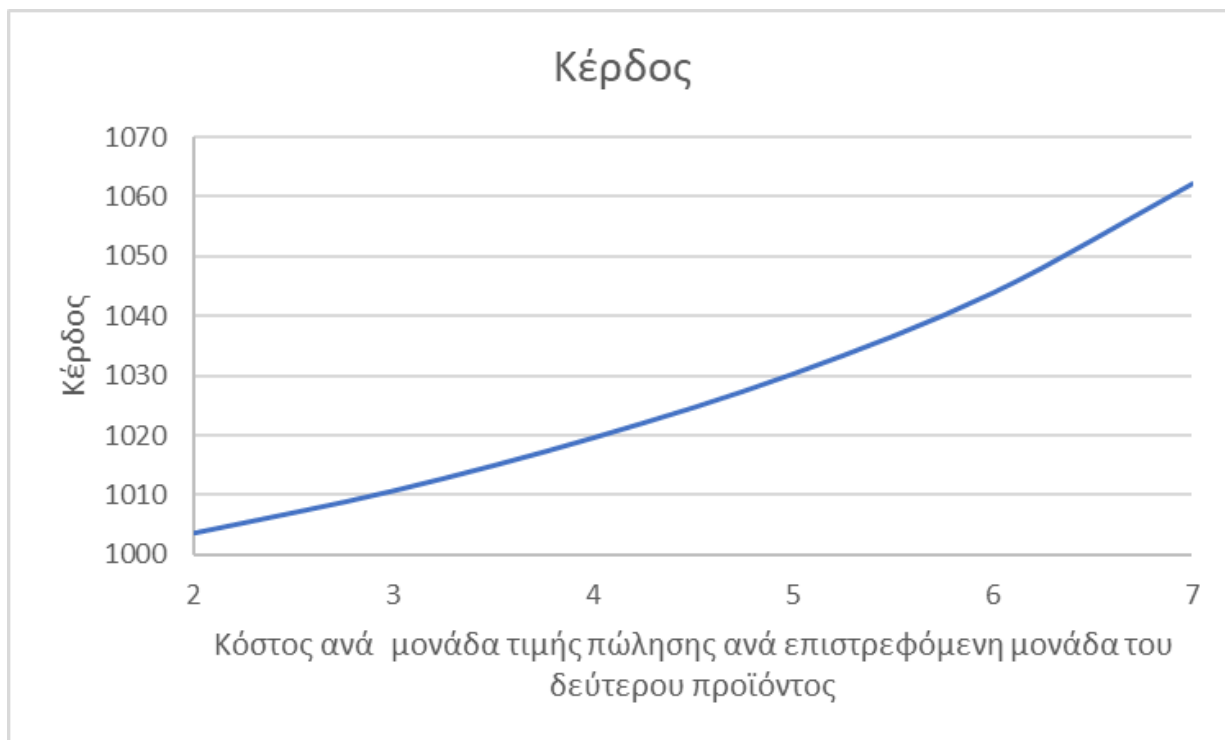
4.9 Επίδραση της αύξησης της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του δευτέρου προϊόντος

Ο πίνακας 9 παρουσιάζει τις σχετικές τιμές των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων.

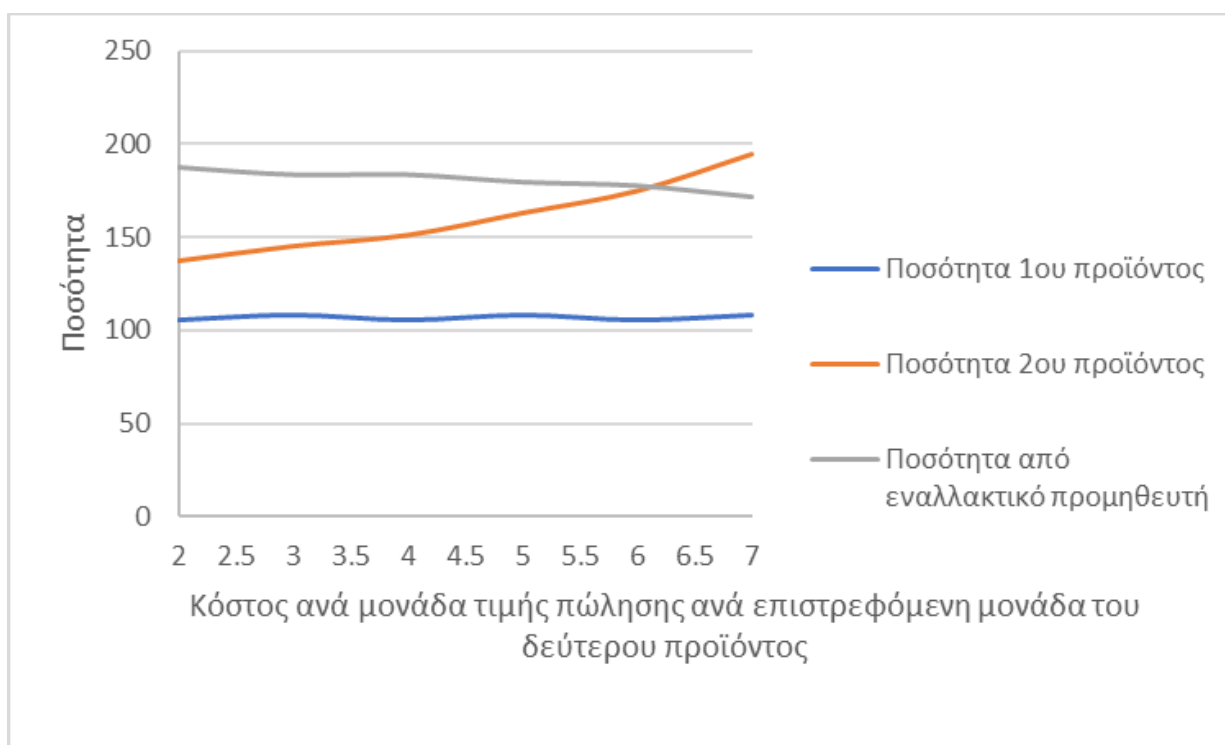
Πίνακας 9 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του δευτέρου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	3	4	5	6	7
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
	100	100	100	100	100	100
Ζήτηση 1	90	90	90	90	90	90
	110	110	110	110	110	110
Ζήτηση 2	60	60	60	60	60	60

Τα διαγράμματα στα σχήματα 19 και 20 παρουσιάζουν αντίστοιχα την επίδραση της μεταβολής της μεταβλητής στα αποτελέσματα του μοντέλου.



Σχήμα 19 Μεταβολή κέρδους



Σχήμα 20 Μεταβολή παραγγελιών

Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει αυξάνεται με την αύξηση της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του δεύτερου προϊόντος. Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του εναλλακτικού προμηθευτή για το προϊόν όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του κανονικού προμηθευτή.

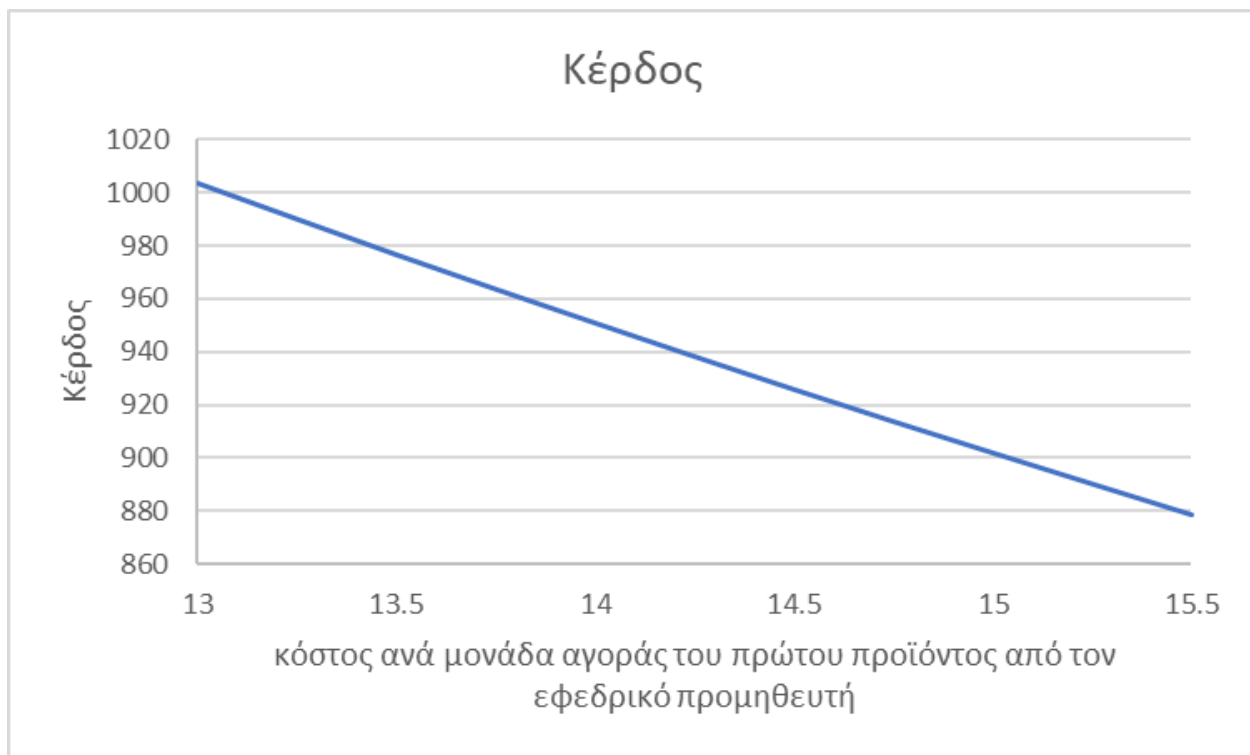
4.10 Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα αγοράς του πρώτου προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή

Ο πίνακας 10 παρουσιάζει τις σχετικές τιμές των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων.

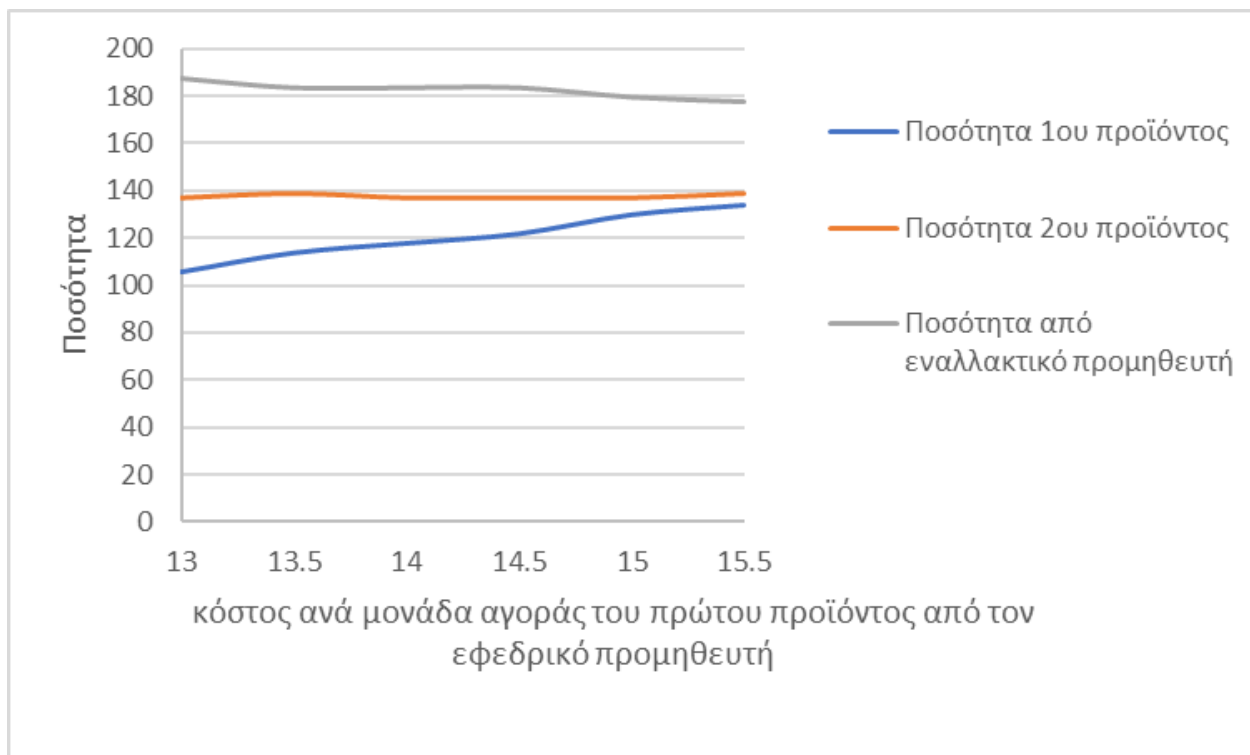
Πίνακας 10 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή του κόστους ανά μονάδα αγοράς του πρώτου προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13.5	14	14.5	15	15.5
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ζήτηση 1	100	100	100	100	100	100
	90	90	90	90	90	90
	110	110	110	110	110	110
Ζήτηση 2	60	60	60	60	60	60

Τα διαγράμματα στα σχήματα 21 και 22 παρουσιάζουν αντίστοιχα την επίδραση της μεταβολής της μεταβλητής στα αποτελέσματα του μοντέλου.



Σχήμα 21 Μεταβολή κέρδους



Σχήμα 22 Μεταβολή παραγγελιών

Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει μειώνεται με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα αγοράς του πρώτου προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή. Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του εναλλακτικού προμηθευτή για το προϊόν όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του κανονικού προμηθευτή.

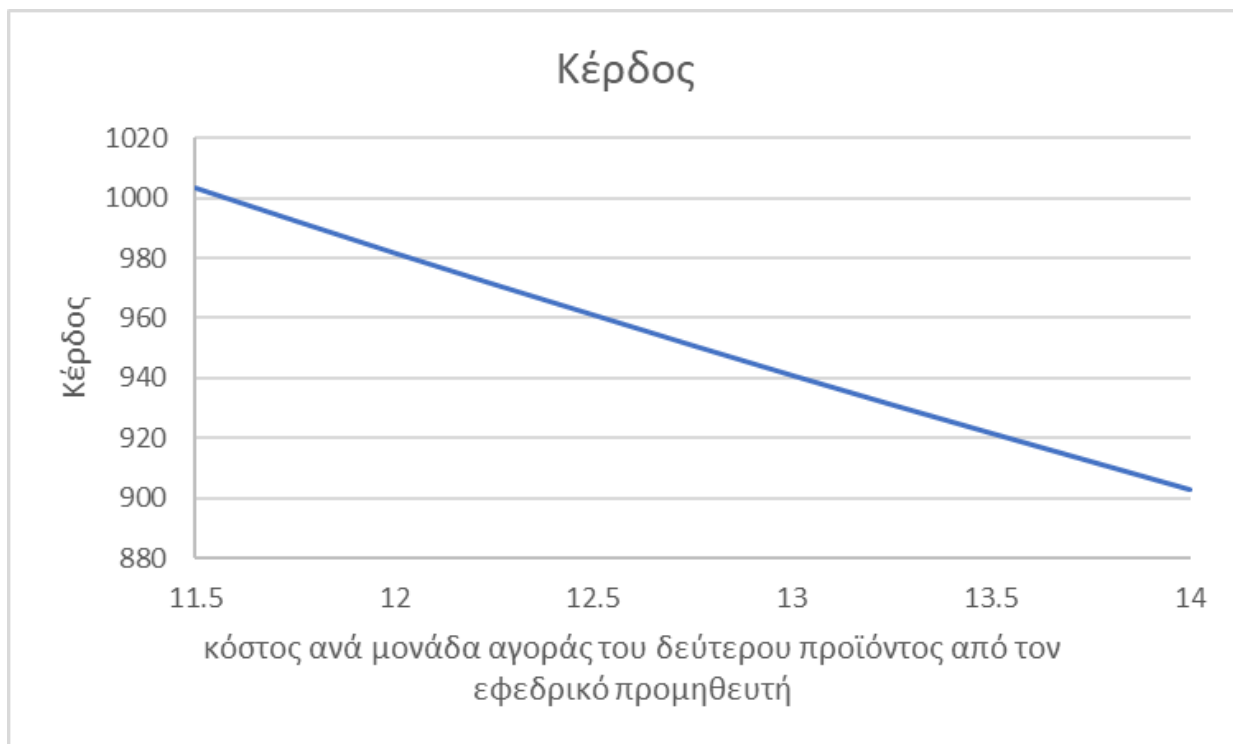
4.11 Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα αγοράς του δεύτερου προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή

Ο πίνακας 11 παρουσιάζει τις σχετικές τιμές των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων.

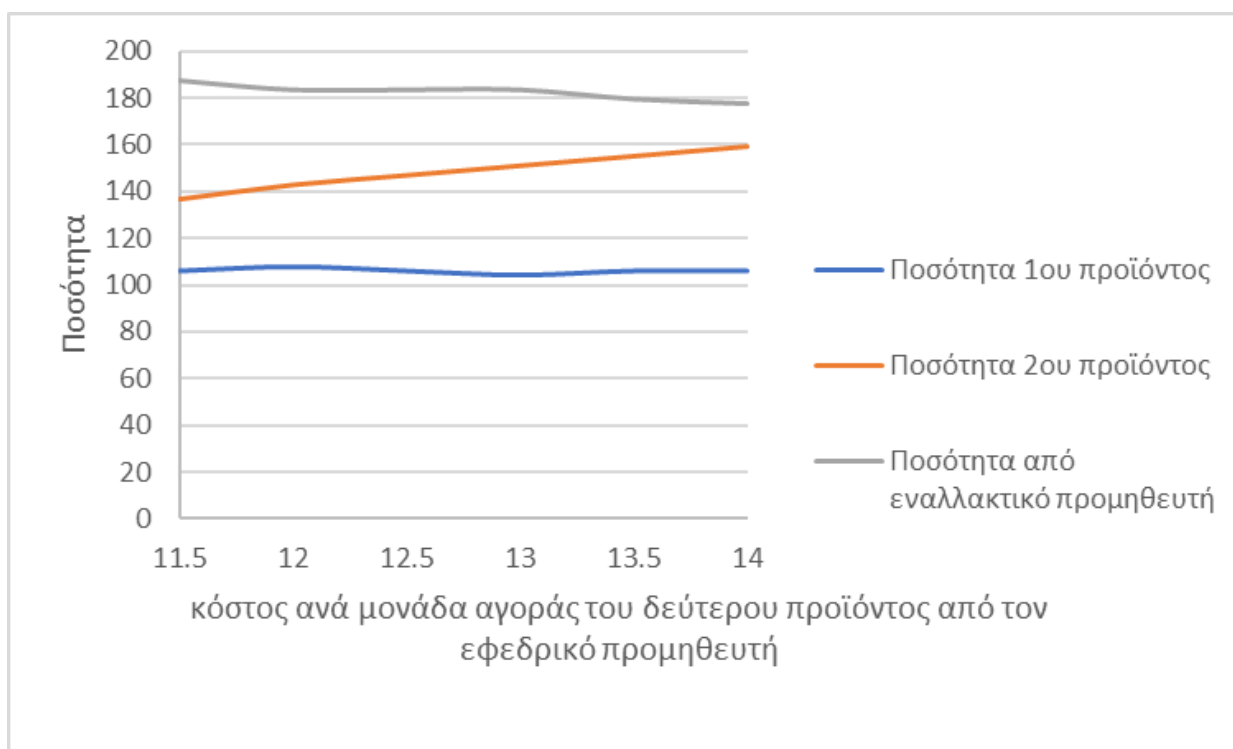
Πίνακας 11 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή γ του κόστους ανά μονάδα αγοράς του δεύτερου προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	12	12.5	13	13.5	14
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
	100	100	100	100	100	100
Ζήτηση 1	90	90	90	90	90	90
	110	110	110	110	110	110
Ζήτηση 2	60	60	60	60	60	60

Τα διαγράμματα στα σχήματα 23 και 24 παρουσιάζουν αντίστοιχα την επίδραση της μεταβολής της μεταβλητής στα αποτελέσματα του μοντέλου.



Σχήμα 23 Μεταβολή κέρδους



Σχήμα 24 Μεταβολή παραγγελιών

Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει μειώνεται με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα αγοράς του δεύτερου προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή. Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του εναλλακτικού προμηθευτή για το προϊόν όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του κανονικού προμηθευτή.

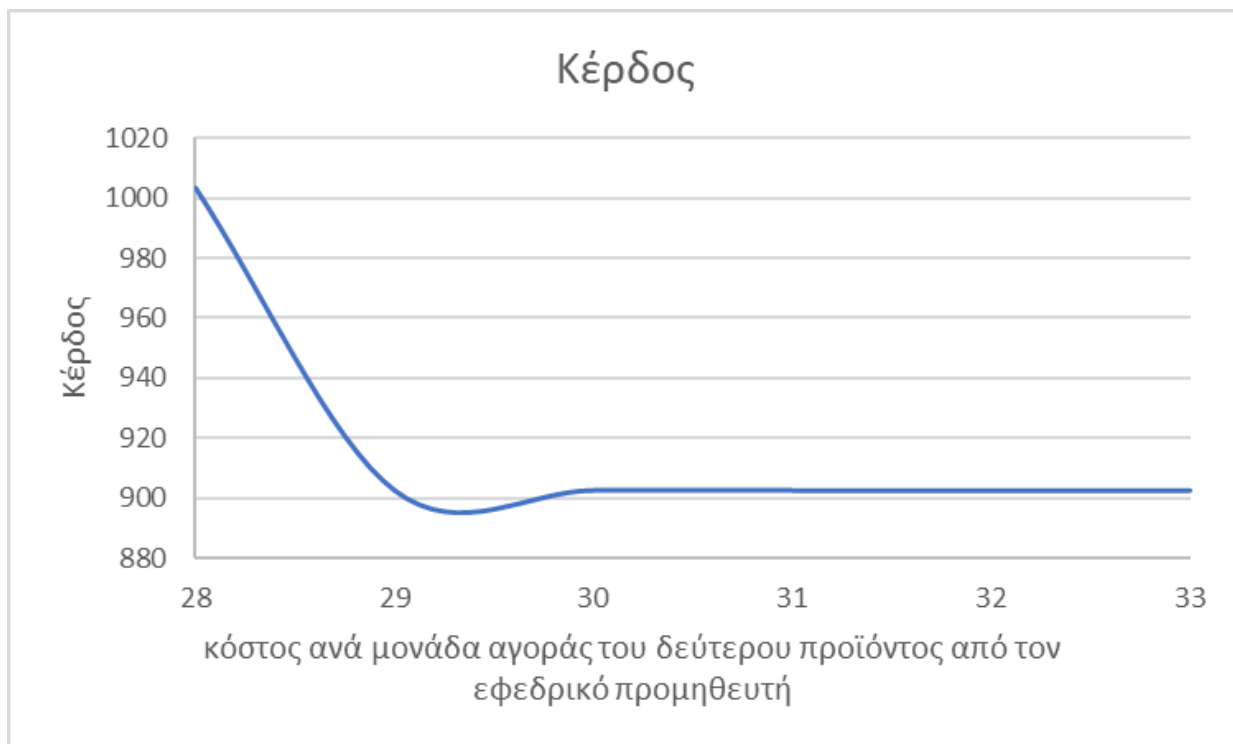
4.12 Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το πρώτο προϊόν

Ο πίνακας 12 παρουσιάζει τις σχετικές τιμές των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων.

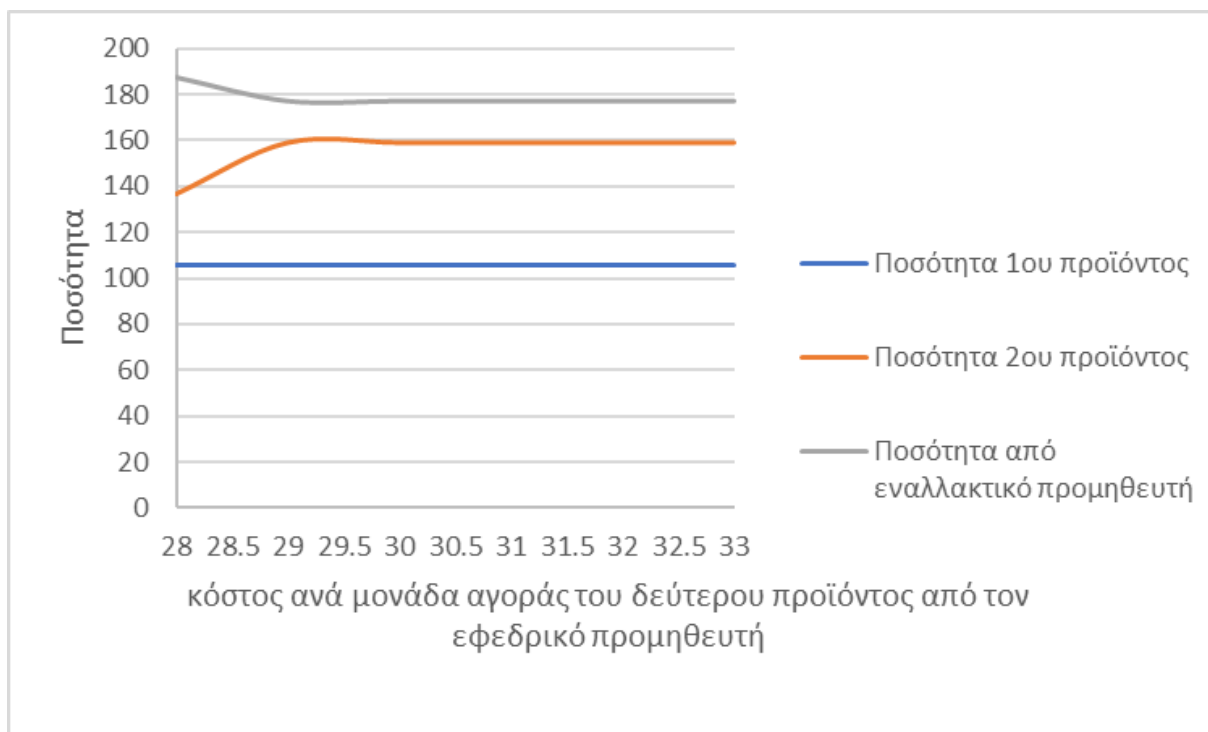
Πίνακας 12 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή γ του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το πρώτο προϊόν

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	29	30	31	32	33
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
	100	100	100	100	100	100
Ζήτηση 1	90	90	90	90	90	90
	110	110	110	110	110	110
Ζήτηση 2	60	60	60	60	60	60

Τα διαγράμματα στα σχήματα 25 και 26 παρουσιάζουν αντίστοιχα την επίδραση της μεταβολής της μεταβλητής στα αποτελέσματα του μοντέλου.



Σχήμα 25 Μεταβολή κέρδους



Σχήμα 26 Μεταβολή παραγγελιών

Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει μειώνεται με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το πρώτο προϊόν και σταθεροποιείται σε μια δεδομένη τιμή.

4.13 Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το δεύτερο προϊόν

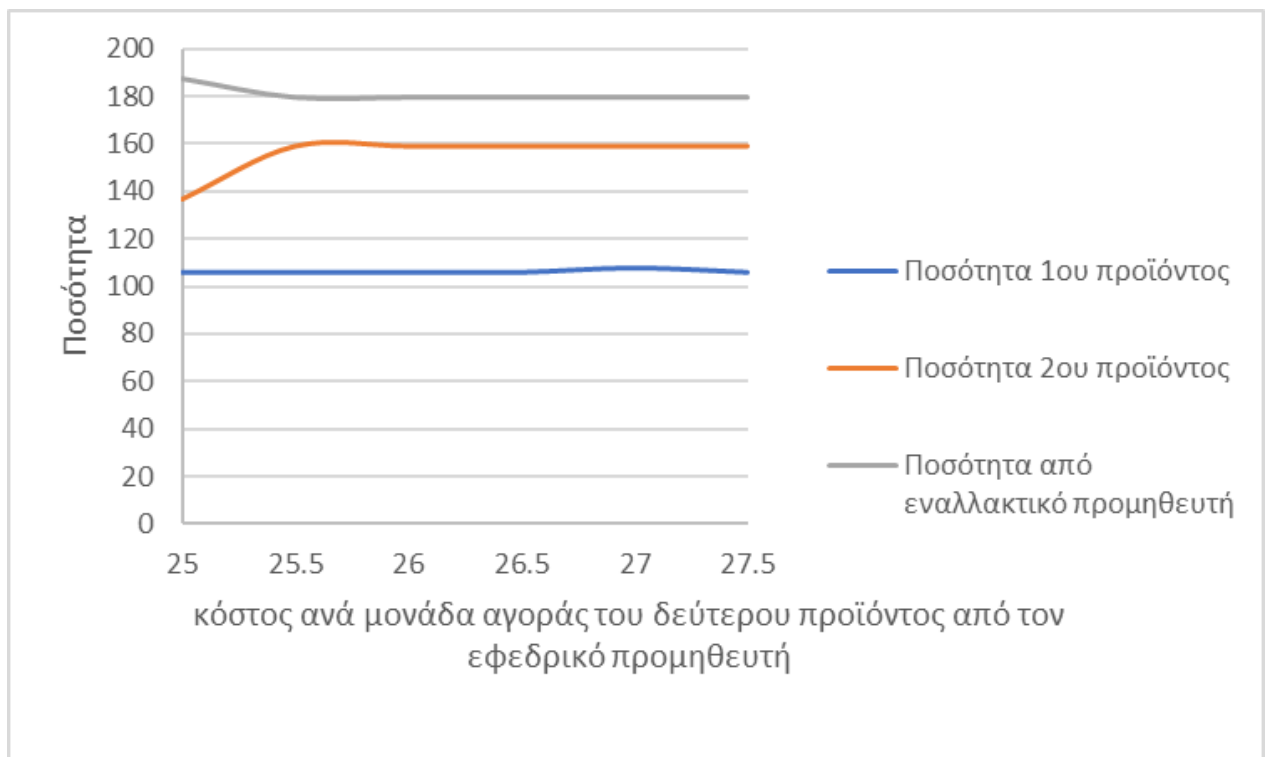
Ο πίνακας 12 παρουσιάζει τις σχετικές τιμές των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των προσομοιώσεων.

Πίνακας 13 Τιμές μεταβλητών σε προσομοιώσεις για την μεταβολή ς του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το δεύτερο προϊόν

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25.5	26	26.5	27	27.5
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
	100	100	100	100	100	100
Ζήτηση 1	90	90	90	90	90	90
	110	110	110	110	110	110
Ζήτηση 2	60	60	60	60	60	60

Τα διαγράμματα στα σχήματα 27 και 28 παρουσιάζουν αντίστοιχα την επίδραση της μεταβολής της μεταβλητής στα αποτελέσματα του μοντέλου.

Σχήμα 27 Μεταβολή κέρδους



Σχήμα 28 Μεταβολή παραγγελιών

Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει μειώνεται με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το δεύτερο προϊόν και σταθεροποιείται σε μια δεδομένη τιμή.

5. Κεφάλαιο 5^ο Συμπεράσματα

Από την χρήση του υπολογιστικού μοντέλου σε σχέση με το εξεταζόμενο πρόβλημα προέκυψαν τα κάτωθι συμπεράσματα:

- Οι τιμές πώλησης του κάθε προϊόντος εν γένει αυξάνουν το κέρδος υπό σταθερή ζήτηση, αλλά διατηρώντας τις ποσότητες που παραγγέλλονται από τους προμηθευτές σε σταθερά επίπεδα.
- Η αύξηση της ζήτησης του κάθε προϊόντος εν γένει, οδηγεί σε αύξηση του κέρδους και παράλληλα αύξηση του αριθμού του αντίστοιχου προϊόντος με αυξανόμενη ζήτηση από τον προμηθευτή με παράλληλη αύξηση της χρήσης του εναλλακτικού προμηθευτή.
- Το κέρδος εν τέλει μειώνεται με του κόστους ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας. Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του εναλλακτικού προμηθευτή όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του κύριου προμηθευτή
- Το κέρδος εν τέλει μειώνεται με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας προϊόντος. Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του κύριου προμηθευτή για το προϊόν όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του εναλλακτικού προμηθευτή.
- Το κέρδος εν τέλει αυξάνεται με την αύξηση της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του δεύτερου και του πρώτου προϊόντος. Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του εναλλακτικού προμηθευτή για το προϊόν όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του κανονικού προμηθευτή.
- Το κέρδος εν τέλει μειώνεται με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα αγοράς του πρώτου και του δεύτερου προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή. Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του εναλλακτικού προμηθευτή για το προϊόν όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του κανονικού προμηθευτή.

- Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει μειώνεται με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το πρώτο και δεύτερο προϊόν και σταθεροποιείται σε μια δεδομένη τιμή.

Βιβλιογραφία

- Bertsekas, D. P., & Bertsekas, D. P. (1995). Dynamic programming and optimal control (Vol. 1, No. 2). Belmont, MA: Athena Scientific.
- Gerard J Burke, Janice E Carrillo, and Asoo J Vakharia. Sourcing decisions with stochastic supplier reliability and stochastic demand. *Production and Operations Management*, 18(4):475 484, 2009.
- Youhua Chen, Minghui Xu, and Zhe George Zhang. Technical notea risk-averse newsvendor model under the cvar criterion. *Operations Research*, 57(4):1040 1044, 2009.
- Chvatal, V. (1983). Linear programming. Macmillan.
- Dantzig, G. B. (1998). Linear programming and extensions. Princeton university press.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2001). Introduction to operations research. Tata McGraw-Hill Education.
- Anssi Käki, Juuso Liesiö, Ahti Salo, and Srinivas Talluri. Newsvendor decisions under supply uncertainty. *International Journal of Production Research*, 53(5):1544 1560, 2015.
- Baruch Keren and Joseph S Pliskin. A benchmark solution for the riskaverse newsvendor problem. *European Journal of Operational Research*, 174(3):1643 1650, 2006.
- Nicholas C Petruzzi and Maqbool Dada. Pricing and the newsvendor problem: A review with extensions. *Operations Research*, 47(2):183 194, 1999.
- Yan Qin, Ruoxuan Wang, Asoo J Vakharia, Yuwen Chen, and Michelle MH Seref. The newsvendor problem: Review and directions for future research. *European Journal of Operational Research*, 213(2):361 374, 2011.
- Maurice E Schweitzer and Gérard P Cachon. Decision bias in the newsvendor problem with a known demand distribution: Experimental evidence. *Management Science*, 46(3):404 420, 2000.

Brian Tomlin. On the value of mitigation and contingency strategies for managing supply chain disruption risks. *Management Science*, 52(5):639 657, 2006.

Winston, W. L., & Goldberg, J. B. (2004). *Operations research: applications and algorithms* (Vol. 3). Boston: Duxbury press.

Shitao Yang, Jian Yang, and Layek Abdel-Malek. Sourcing with random yields and stochastic demand: A newsvendor approach. *Computers & Operations Research*, 34(12):3682 3690, 2007.

Candace Arai Yano and Hau L Lee. Lot sizing with random yields: A review. *Operations Research*, 43(2):311 334, 1995.

Κολέτσος, Ι. και Στογιάννης, Δ., (2012). Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα. Εκδόσεις Συμμεών, Αθήνα.

Λουκάκης Μ., (1990). Επιχειρησιακή Έρευνα: Γραμμικός Προγραμματισμός, Αριστοποίηση σε Δίκτυα, τόμος Α, Εκδοτικό Κέντρο Βόρειας Ελλάδας.

Μηλιώτης, Π., (1994). Εισαγωγή στο Μαθηματικό Προγραμματισμό. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.

Μπότσαρης, Χ.,(1991). Επιχειρησιακή Έρευνα, τόμος Ι, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Γεωργίου, Α.Κ., Οικονόμου Γ.Σ. και Γ.Δ. Τσιότρας (2006). Μελέτες Περιπτώσεων Επιχειρησιακής Έρευνας. Εκδόσεις Μπένου, Αθήνα.

Πραστάκος Γ., Διοικητική Επιστήμη, Λήψη Επιχειρηματικών Αποφάσεων στην Κοινωνία της Πληροφορίας, Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.

Σίσκος, Γ., (1998). Γραμμικός Προγραμματισμός. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.

Τσάντας Ν.Δ. και Βασιλείου Γ. Π-Χ (2000). Εισαγωγή στην Επιχειρησιακή Έρευνα: Αλγόριθμοι και Εφαρμογές. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Υψηλάντης, Γ. Π., (2012). Επιχειρησιακή έρευνα: Εφαρμογές στη σημερινή επιχείρηση. 4η έκδ., Εκδόσεις Προπομπός (Ειδικές Επιστημονικές Εκδόσεις), Αθήνα



Επέκταση προβλήματος εφημεριδοπώλη με δύο προϊόντα και εφεδρικό προμηθευτή

Μάφης Τηλέμαχος-Μάριος

Τσαντούρης Ιωάννης-Συμεών

Επιβλέπων Καθηγητής: Παντελής Δημήτριος



Περιεχόμενα Παρουσίασης

Σκοπός εργασίας

Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη

Το θεωρούμενο πρόβλημα

Το μαθηματικό μοντέλο

Επίδραση μεταβλητών στην τελική απόφαση

Συμπεράσματα

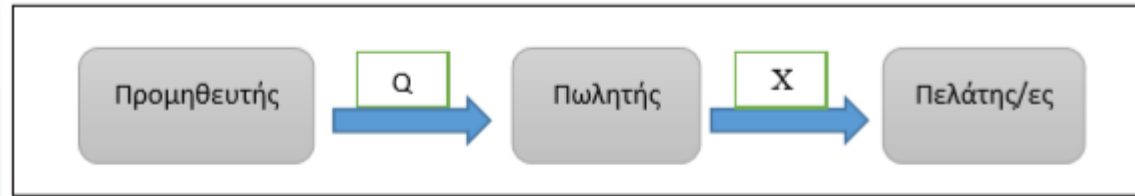
Σκοπός Εργασίας

Ένα από τα βασικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η επιχειρησιακή έρευνα είναι αυτό της κατάλληλης δημιουργίας και του σχεδιασμού του αποθέματος σε μια επιχείρηση ως προπομπός στην λήψη των κατάλληλων αποφάσεων που αφορούν σε επιλογή προμηθευτών

Στόχος είναι η διερεύνηση του μοντέλου στην επιλογή των παραγγελιών από προμηθευτές για την δημιουργία του κατάλληλου αποθέματος όταν υπάρχει η αβεβαιότητα στην δυνατότητα αυτών να μπορέσουν να αποδώσουν τις κατάλληλες παραγγελίες

Επιμέρους στόχοι αποτελούν η διερεύνηση της επιρροής διαφόρων παραγόντων στην επίλυση του προβλήματος

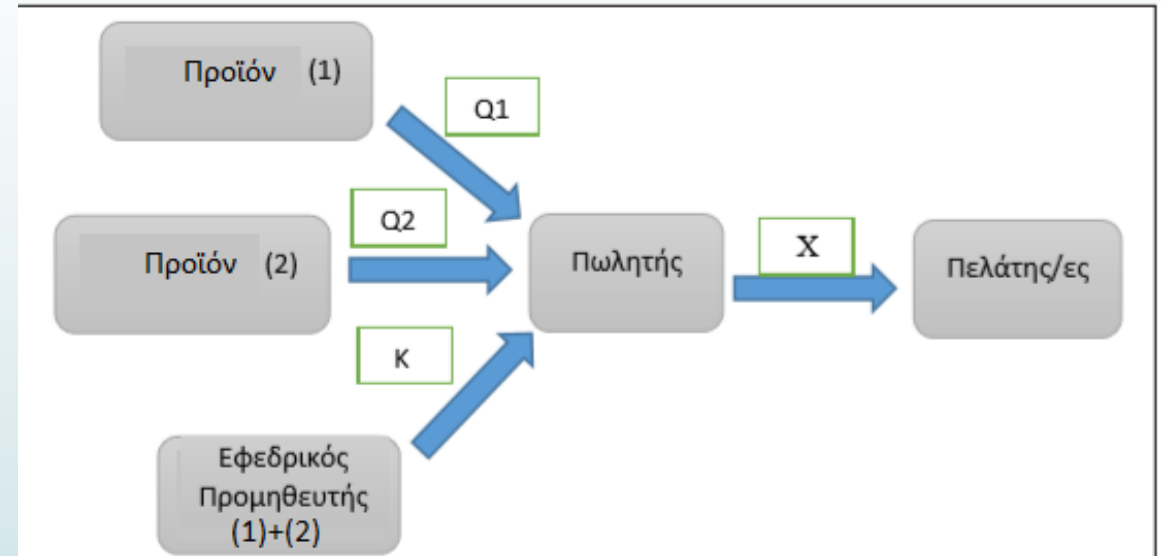
Το πρόβλημα του εφημεριδοπώλη



- Ο προμηθευτής παρέχει στον πωλητή μία ποσότητα Q και με τη σειρά του ο πωλητής καλείται να προσφέρει μια ποσότητα στον πελάτη/ες ούτως ώστε να εξασφαλιστεί η τυχαία ζήτηση X
- Στην παρούσα διπλωματική εργασία καλούμαστε να βρεθούμε στην θέση του ενδιαμέσου μέρους, δηλαδή του πωλητή
- Προτεραιότητα αποτελεί ο στόχος της κάλυψης της ζήτησης X και δευτερευόντως η μεγιστοποίηση του κέρδους στο τέλος αυτής της διαδικασίας
- Καίριας σημασίας είναι το να γίνει αντιληπτό ότι η επίτευξη του μέγιστου ύψους κερδών δεν είναι υποδεέστερης σημασίας σε σχέση με την ικανοποίηση των πελατών και ο λόγος είναι το ότι βρισκόμαστε στη θέση του πωλητή

Το εξεταζόμενο πρόβλημα

- Ένας προμηθευτής που προμηθεύει δύο προϊόντα στην επιχείρηση
- Ένας εναλλακτικός προμηθευτής
- Γνωστή η μέση τιμή και η διακύμανση της ζήτησης



Βασικές Παραδοχές του προβλήματος του εφημεριδοπώλη

- Οι διαδικασίες καθορισμού της παραγγελίας στον προμηθευτή, παράδοσης της παραγγελίας από τον προμηθευτή στον πωλητή και πώλησης ή ικανοποίησης της ζήτησης των πελατών από τον πωλητή, λαμβάνουν χώρα στην ίδια χρονική περίοδο
- Υπάρχει απουσία αποθέματος
- Απουσία περίπτωσης διακοπής προμήθειας
- Η παραπάνω διαδικασία αφορά τη διακίνηση δύο συγκεκριμένων προϊόντων
- οι χρόνοι της παράδοσης της παραδιδόμενης ποσότητας, της διατήρησης της ποσότητας προϊόντων στη θέση του πωλητή και της πώλησης παραλαβής ποσότητας προϊόντων από τους πελάτες, είναι αμελητέοι
- Ο εφεδρικός προμηθευτής θεωρείται ότι είναι 100% αξιόπιστος

Αβεβαιότητα

- Ως προς τη ζήτηση των πελατών: Θεωρείται ότι η ζήτηση δεν είναι επακριβώς γνωστή, αλλά είναι πλήρως γνωστή η κατανομή που ακολουθεί
 - Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκε η ομοιόμορφη κατανομή
- Στο κομμάτι της αξιοπιστίας των κύριων προμηθευτών: Ορίστηκε για το κύριο προμηθευτή και για κάθε προϊόν ένα ποσοστό παραδιδόμενης παραγγελίας το οποίο, αντίστοιχα με την αβέβαιη ζήτηση, θα αποτελεί μία συνεχής τυχαία μεταβλητή και θα υποδηλώνει ως προς τις εκατό πόσο ύψος παραδιδόμενης παραγγελίας μπορεί να τροφοδοτήσει ο προμηθευτής στον πωλητή σε σχέση με την αρχική παραγγελία που του έχει ανατεθεί
 - Επιλέχθηκε για αυτήν την περίπτωση το είδος της ομοιόμορφης κατανομής

Μεταβλητές μοντέλου

X_1, X_2 : Αποτελεί τη ζήτηση των πελατών του πωλητή και είναι μία συνεχής τυχαία μεταβλητή.

f : Αποτελεί τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (PDF) της ζήτησης και καθορίζει ανάλογα με την κατανομή της ζήτησης που θα επιλεγεί. Με βάση την ανάλυση που προηγήθηκε η μορφή της κατανομής που θα επιλεγεί είναι η ομοιόμορφη.

Q_1, Q_2 : Αποτελούν τις ποσότητες παραγγελίας (σε μονάδες) για το κάθε προϊόν που θα ανατεθούν στους κύριους προμηθευτές (1) και (2) αντίστοιχα.

u_1, u_2 : Αποτελούν τα ποσοστά παραδιδόμενης ποσότητας παραγγελίας για το κάθε προϊόν από τον προμηθευτή (1) και (2) αντίστοιχα προς τον πωλητή. Είναι συνεχείς τυχαίες μεταβλητές μίας ομοιόμορφης κατανομής η οποία θα οριστεί στη συνέχεια.

g_1, g_2 : Αποτελούν τις συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας (PDF) των συνεχών τυχαίων μεταβλητών των ποσοστών παραδιδόμενης ποσότητας παραγγελίας που ακολουθούν ομοιόμορφη κατανομή.

Μεταβλητές Μοντέλου (συν.)

K : Αποτελεί την εξασφαλισμένη ποσότητα από τον εφεδρικό προμηθευτή εκφρασμένη σε μονάδες.

c_R : Αποτελεί το κόστος ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας.

c_1, c_2 : Αποτελούν τα κόστη ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας των δύο προϊόντων(1) και (2) αντίστοιχα.

c_{E1}, c_{E2} : Αποτελεί το κόστος ανά μονάδα αγοράς του κάθε προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή.

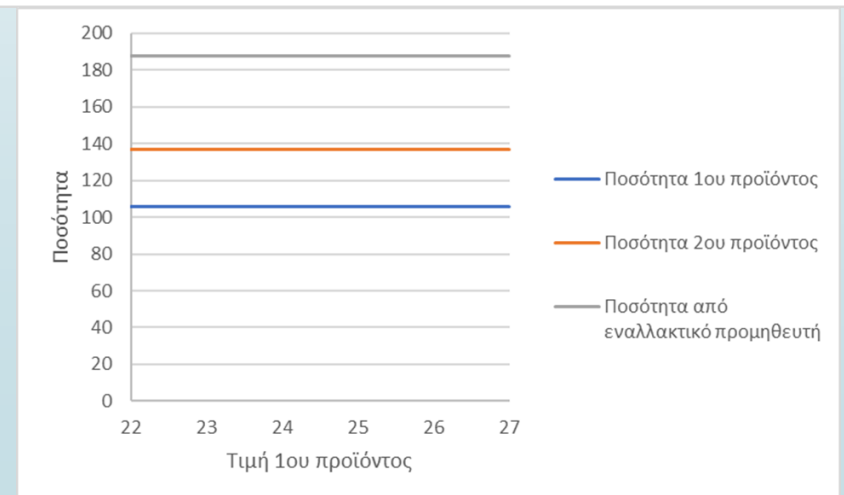
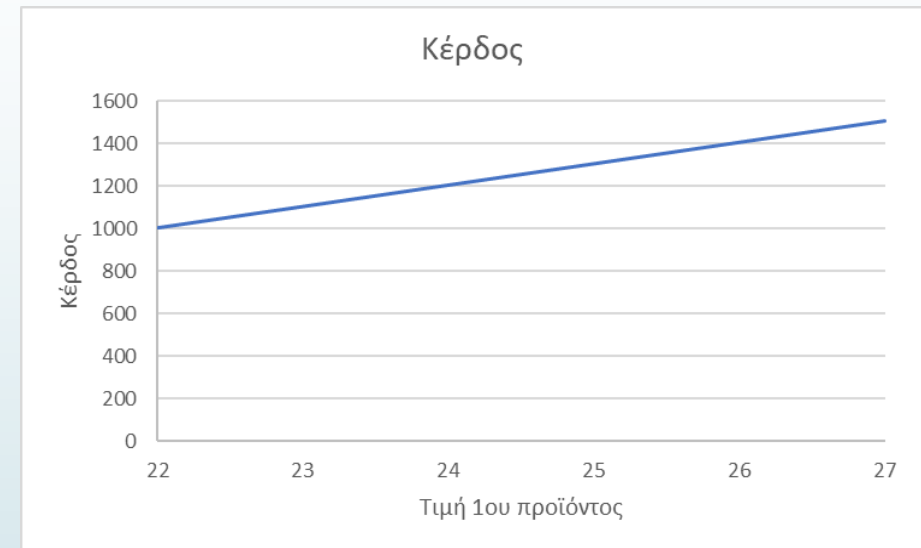
r_1, r_2 : Αποτελεί την τιμή πώλησης ανά μονάδα του κάθε προϊόντος, από τον πωλητή προς τους πελάτες του.

p_1, p_2 : Αποτελεί το κόστος ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το κάθε προϊόν.

h_1, h_2 : Αποτελεί την τιμή πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του κάθε προϊόντος.

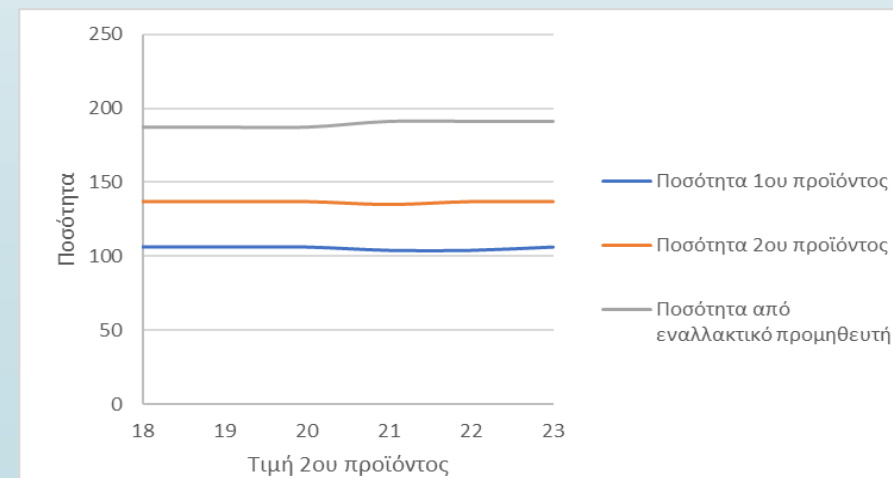
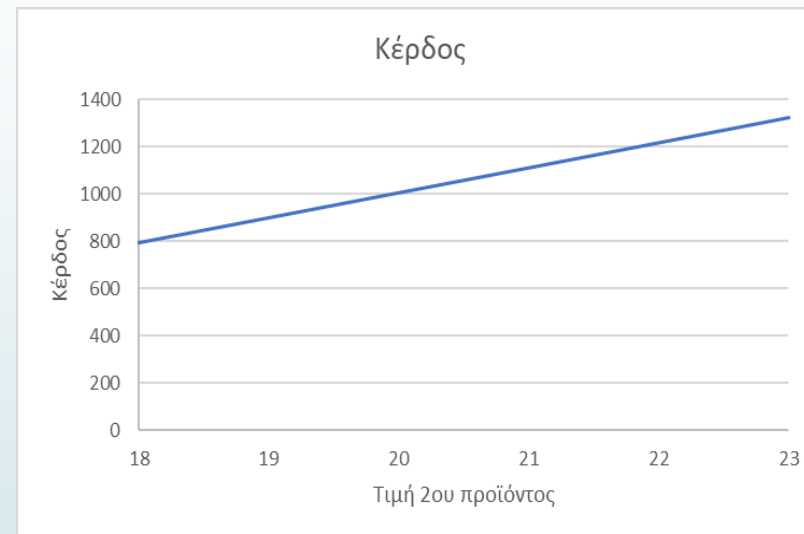
Αποτελέσματα – Επίδραση αύξησης τιμής πώλησης πρώτου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών					
	Προσομοίωση					
	1η	2η	3η	4η	5η	6η
r1	22	23	24	25	26	27
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ζήτηση 1	100	100	100	100	100	100
	90	90	90	90	90	90
Ζήτηση 2	110	110	110	110	110	110
	60	60	60	60	60	60



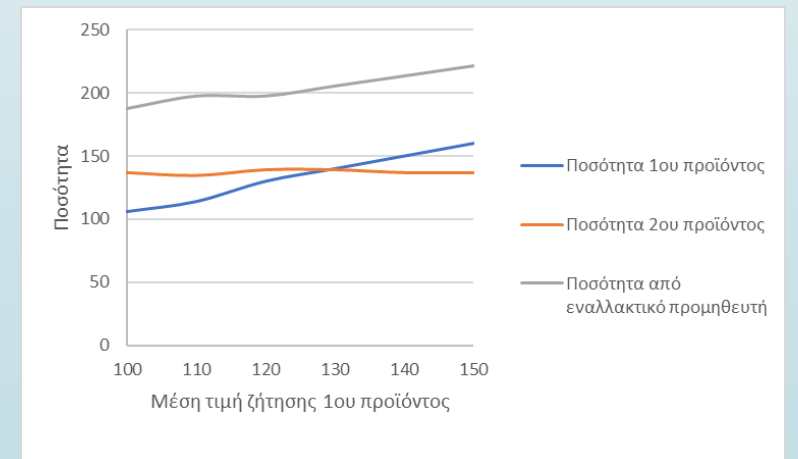
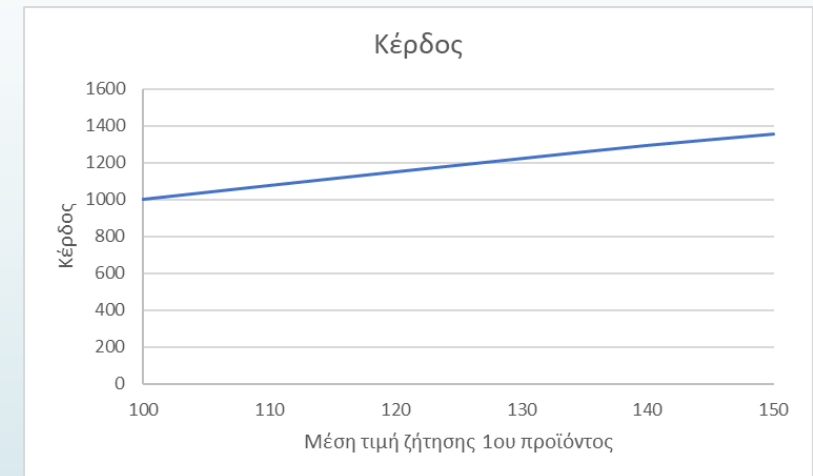
Αποτελέσματα – Επίδραση αύξησης τιμής πώλησης δευτέρου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών					
	Προσομοίωση					
	1η	2η	3η	4η	5η	6η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	18	19	20	21	22	23
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ζήτηση 1	100	100	100	100	100	100
	90	90	90	90	90	90
Ζήτηση 2	110	110	110	110	110	110
	60	60	60	60	60	60



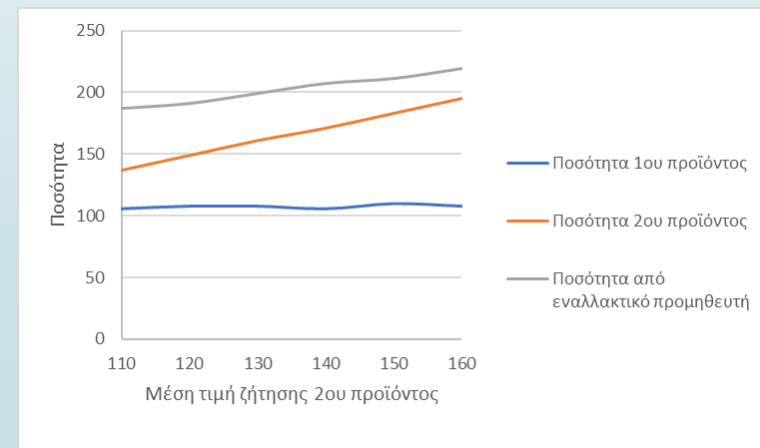
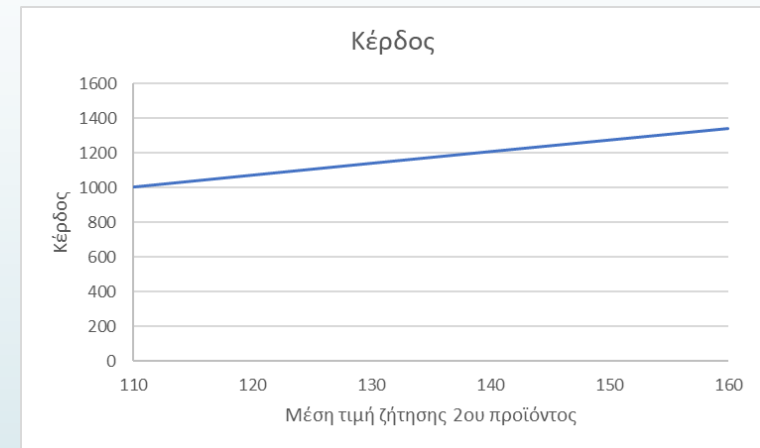
Αποτελέσματα – Επίδραση αύξησης της μέσης τιμής της ζήτησης του πρώτου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών					
	Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ζήτηση 1	100	110	120	130	140	150
Ζήτηση 2	90	90	90	90	90	90
	110	110	110	110	110	110
	60	60	60	60	60	60



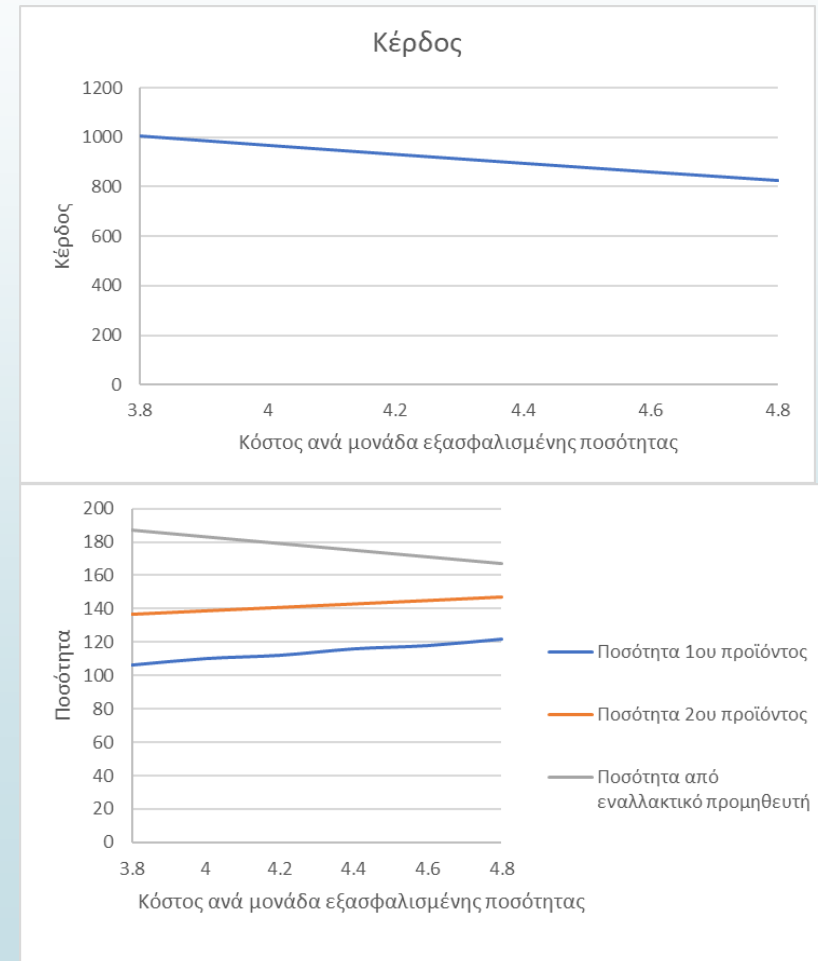
Αποτελέσματα – Επίδραση αύξησης της μέσης τιμής της ζήτησης του δεύτερου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών					
	Προσομοίωση					
	1η	2η	3η	4η	5η	6η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ζήτηση 1	100	100	100	100	100	100
	90	90	90	90	90	90
Ζήτηση 2	110	120	130	140	150	160
	60	60	60	60	60	60



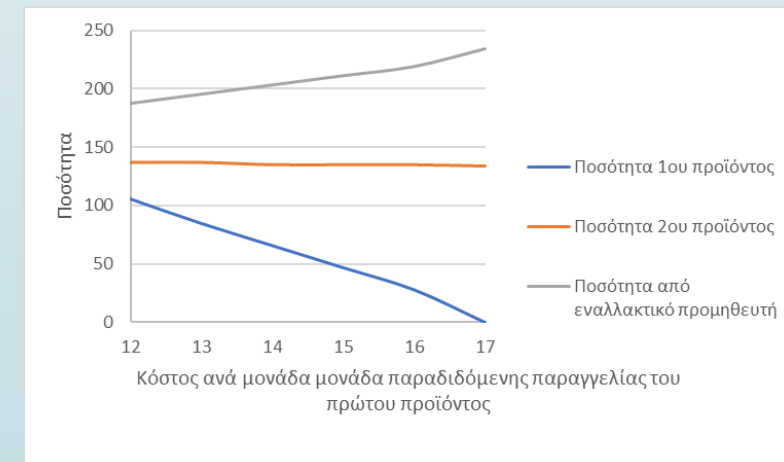
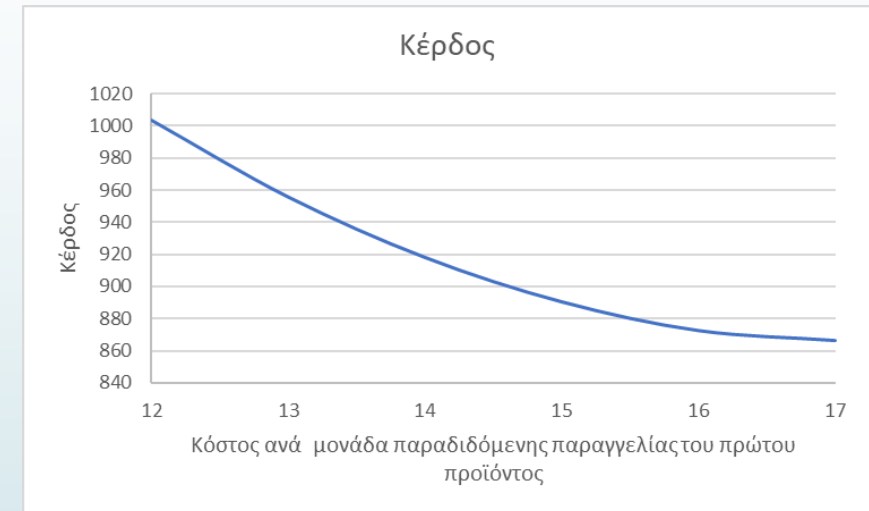
Αποτελέσματα - Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών					
	Προσομοίωση					
	1η	2η	3η	4η	5η	6η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8
Ζήτηση 1	10	10	10	10	10	10
	19	190	190	190	190	190
Ζήτηση 2	50	50	50	50	50	50
	17	170	170	170	170	170



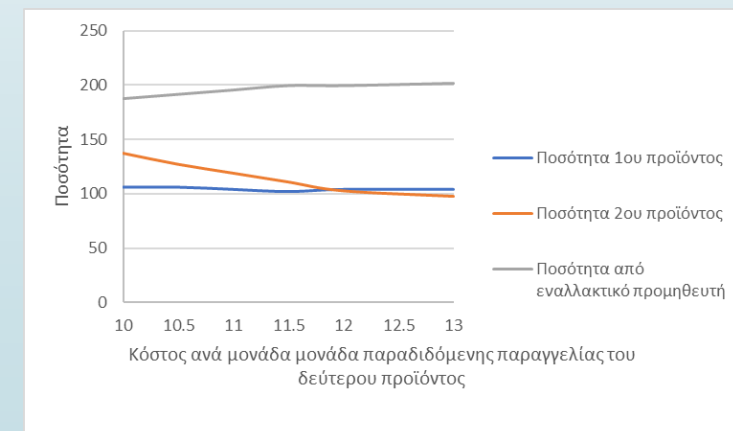
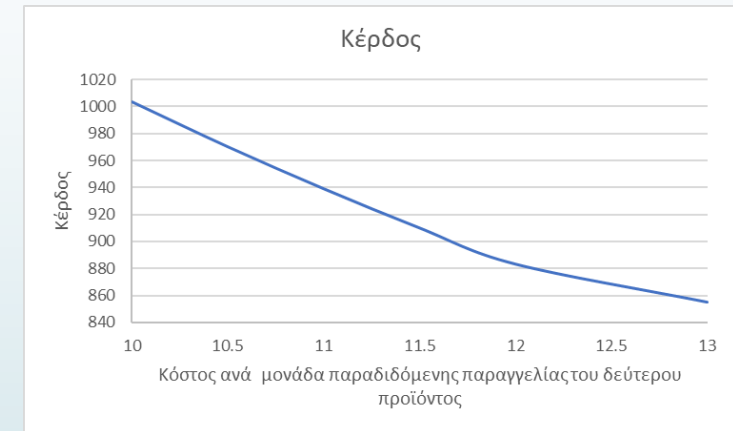
Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας του πρώτου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών					
	Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	13	14	15	16	17
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ζήτηση 1	100	100	100	100	100	100
	90	90	90	90	90	90
Ζήτηση 2	110	110	110	110	110	110
	60	60	60	60	60	60



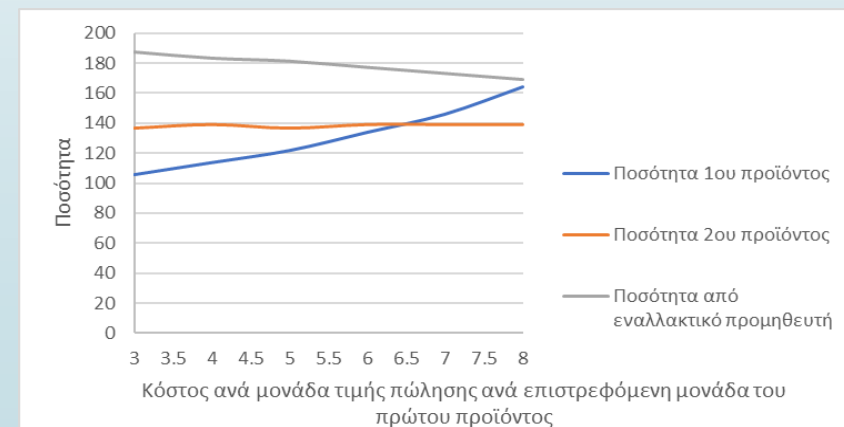
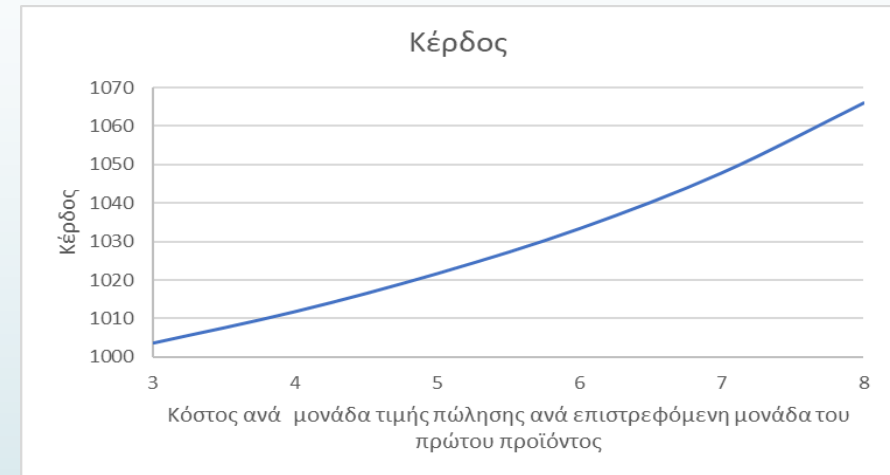
Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας του δεύτερου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών					
	Προσομοίωση					
	1η	2η	3η	4η	5η	6η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10.5	11	11.5	12	13
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.					
cr	5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
Ζήτηση 1	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ζήτηση 2	100	100	100	100	100	100
	90	90	90	90	90	90
	110	110	110	110	110	110
	60	60	60	60	60	60



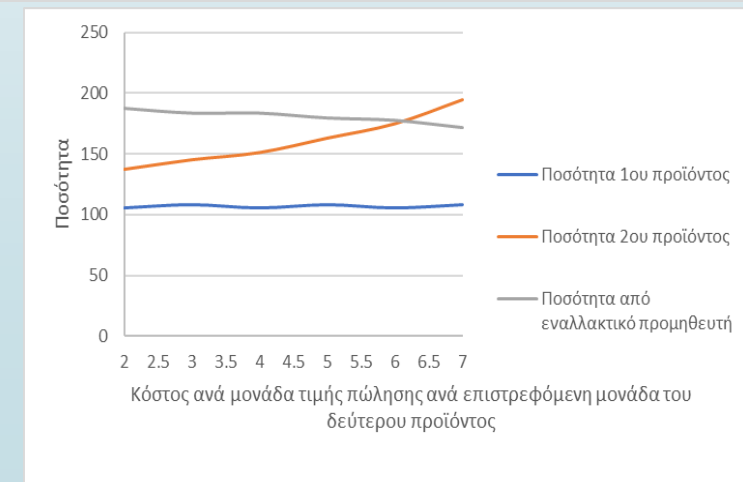
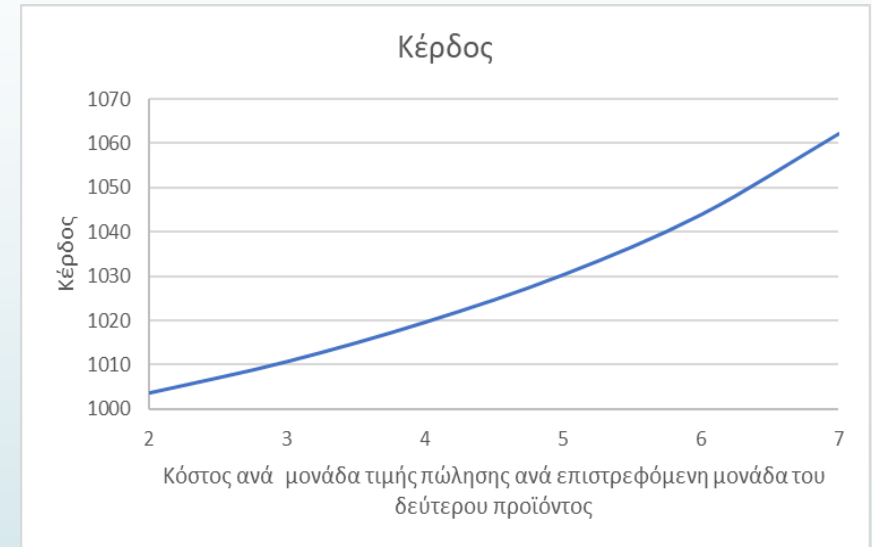
Επίδραση της αύξησης της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του πρώτου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών					
	Προσομοίωση					
	1η	2η	3η	4η	5η	6η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	4	5	6	7	8
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ζήτηση 1	100	100	100	100	100	100
	90	90	90	90	90	90
Ζήτηση 2	110	110	110	110	110	110
	60	60	60	60	60	60



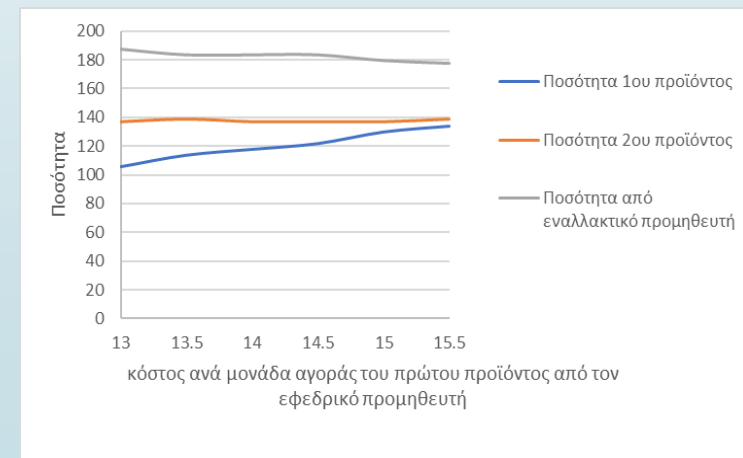
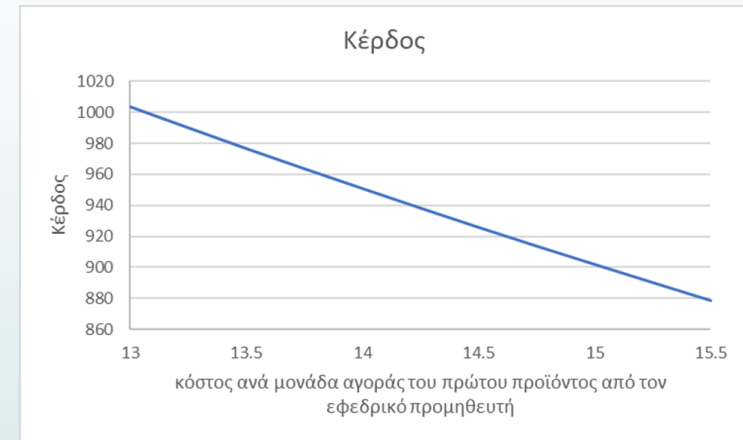
Επίδραση της αύξησης της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα του δευτέρου προϊόντος

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών					
	Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	3	4	5	6	7
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ζήτηση 1	100	100	100	100	100	100
	90	90	90	90	90	90
Ζήτηση 2	110	110	110	110	110	110
	60	60	60	60	60	60



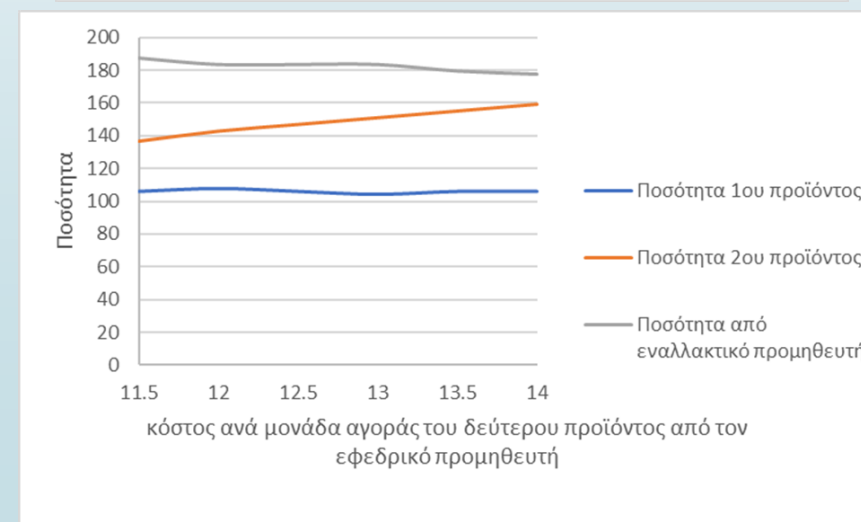
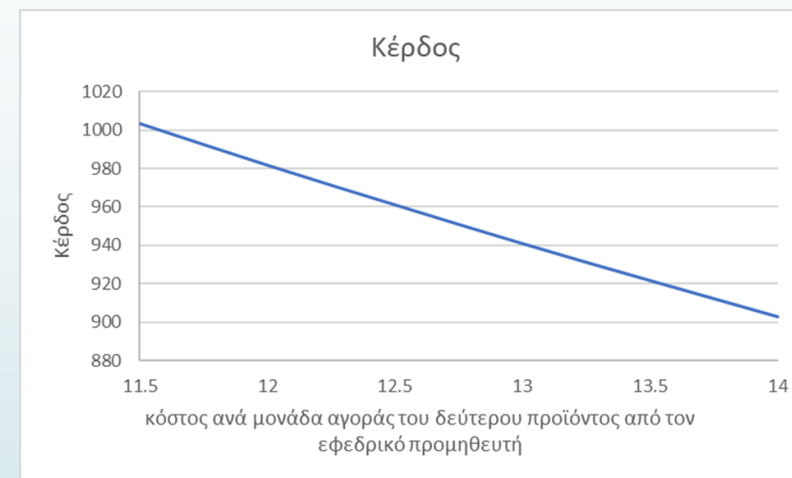
Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα αγοράς του πρώτου προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών					
	Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13.5	14	14.5	15	15.5
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ζήτηση 1	100	100	100	100	100	100
	90	90	90	90	90	90
Ζήτηση 2	110	110	110	110	110	110
	60	60	60	60	60	60



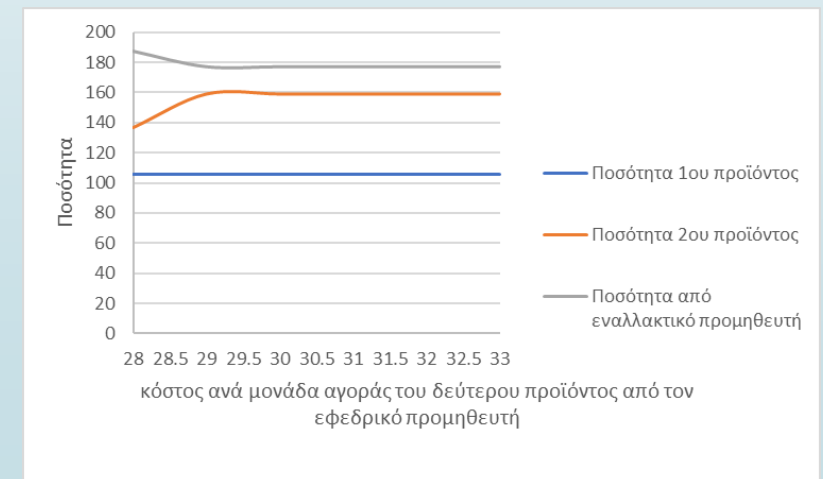
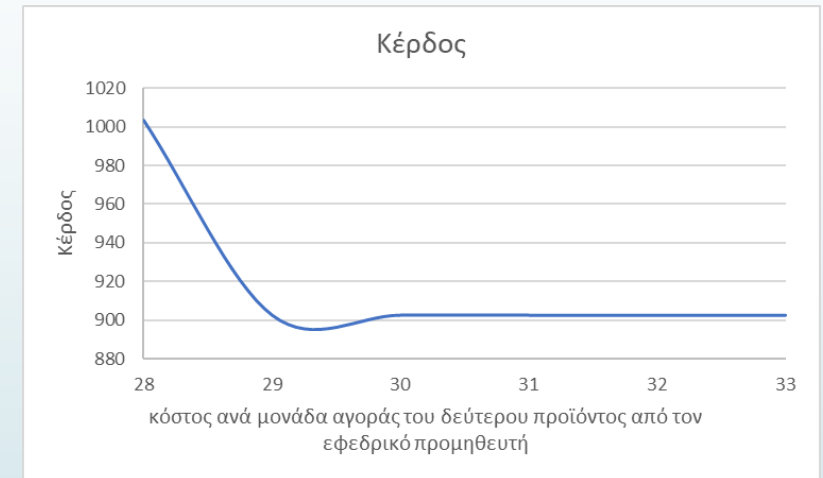
Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα αγοράς του δεύτερου προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών					
	Προσομοίωση					
	1 ^η	2 ^η	3 ^η	4 ^η	5 ^η	6 ^η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	12	12.5	13	13.5	14
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ζήτηση 1	100	100	100	100	100	100
	90	90	90	90	90	90
Ζήτηση 2	110	110	110	110	110	110
	60	60	60	60	60	60



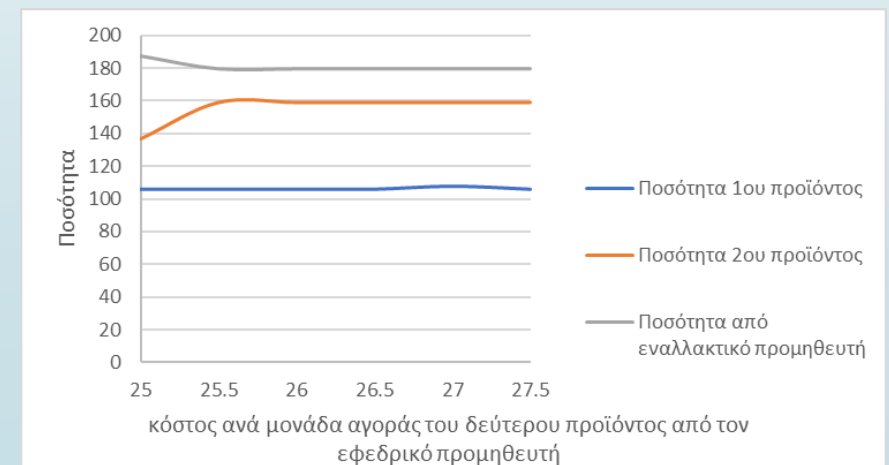
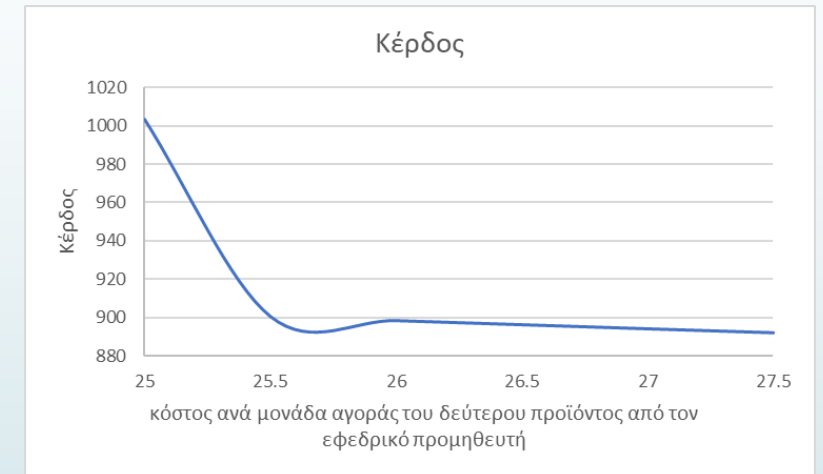
Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το πρώτο προϊόν

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών					
	Προσομοίωση					
	1η	2η	3η	4η	5η	6η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	29	30	31	32	33
p2	25	25	25	25	25	25
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ζήτηση 1	100	100	100	100	100	100
	90	90	90	90	90	90
Ζήτηση 2	110	110	110	110	110	110
	60	60	60	60	60	60



Επίδραση της αύξησης του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το δεύτερο προϊόν

Μεταβλητή	Τιμές Μεταβλητών					
	Προσομοίωση					
	1η	2η	3η	4η	5η	6η
r1	22	22	22	22	22	22
r2	20	20	20	20	20	20
h1	3	3	3	3	3	3
h2	2	2	2	2	2	2
p1	28	28	28	28	28	28
p2	25	25.5	26	26.5	27	27.5
c1	12	12	12	12	12	12
c2	10	10	10	10	10	10
ce1	13	13	13	13	13	13
ce2	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
cr	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
Ζήτηση 1	100	100	100	100	100	100
	90	90	90	90	90	90
Ζήτηση 2	110	110	110	110	110	110
	60	60	60	60	60	60



Συμπεράσματα

- Οι τιμές πώλησης του κάθε προϊόντος εν γένει αυξάνουν το κέρδος υπό σταθερή ζήτηση, αλλά διατηρώντας τις ποσότητες που παραγγέλλονται από τους προμηθευτές σε σταθερά επίπεδα.
- Η αύξηση της ζήτησης του κάθε προϊόντος εν γένει, οδηγεί σε αύξηση του κέρδους και παράλληλα αύξηση του αριθμού του αντίστοιχου προϊόντος με αυξανόμενη ζήτηση από τον προμηθευτή με παράλληλη αύξηση της χρήσης του εναλλακτικού προμηθευτή.
- Το κέρδος μειώνεται με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα εξασφαλισμένης ποσότητας του πρώτου προϊόντος. Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του εναλλακτικού προμηθευτή όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του κύριου προμηθευτή.
- Το κέρδος μειώνεται με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα παραδιδόμενης παραγγελίας προϊόντος. Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του κύριου προμηθευτή για το προϊόν όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του εναλλακτικού προμηθευτή.



Συμπεράσματα (συν.)

- Το κέρδος αυξάνεται με την αύξηση της τιμής πώλησης ανά επιστρεφόμενη μονάδα προϊόντος. Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του εναλλακτικού προμηθευτή για το εκάστοτε προϊόν όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του κανονικού προμηθευτή.
- Το κέρδος μειώνεται με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα αγοράς προϊόντος από τον εφεδρικό προμηθευτή. Είναι επίσης προφανές ότι η βέλτιστη λύση αφορά στην μείωση της χρήσης του εναλλακτικού προμηθευτή για το εκάστοτε προϊόν όσο αυτή η τιμή αυξάνει και την χρήση σε μεγαλύτερο βαθμό του κανονικού προμηθευτή.
- Είναι εμφανές ότι το κέρδος εν τέλει μειώνεται με την αύξηση του κόστους ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης για το πρώτο και δεύτερο προϊόν και σταθεροποιείται σε μια δεδομένη τιμή.